

### Digitalisierung mit Arbeit und Berufsbildung nachhaltig gestalten

Vollmer, Thomas (Ed.); Schütt-Sayed, Sören (Ed.); Schlömer, Britta (Ed.);  
Richter, Tim (Ed.); Karges, Torben (Ed.)

Veröffentlichungsversion / Published Version  
Konferenzband / conference proceedings

**Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:**  
wbv Media GmbH & Co. KG

#### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Vollmer, T., Schütt-Sayed, S., Schlömer, B., Richter, T., & Karges, T. (Hrsg.). (2020). *Digitalisierung mit Arbeit und Berufsbildung nachhaltig gestalten* (Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 55). Bielefeld: wbv Media GmbH & Co. KG.  
<https://doi.org/10.3278/6004722w>

#### Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY-SA Lizenz (Namensnennung-Weitergabe unter gleichen Bedingungen) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:  
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>

#### Terms of use:

This document is made available under a CC BY-SA Licence (Attribution-ShareAlike). For more information see:  
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>



Thomas Vollmer, Torben Karges, Tim Richter,  
Britta Schlömer, Sören Schütt-Sayed (Hg.)

# Digitalisierung mit Arbeit und Berufsbildung nachhaltig gestalten

# **Digitalisierung mit Arbeit und Berufsbildung nachhaltig gestalten**

Thomas Vollmer, Torben Karges, Tim Richter,  
Britta Schlömer, Sören Schütt-Sayed (Hg.)

## **Reihe „Berufsbildung, Arbeit und Innovation“**

Die Reihe **Berufsbildung, Arbeit und Innovation** bietet ein Forum für die grundlagen- und anwendungsorientierte Berufsbildungsforschung. Sie leistet einen Beitrag für den wissenschaftlichen Diskurs über Innovationspotenziale der beruflichen Bildung. Angesprochen wird ein Fachpublikum aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie aus schulischen und betrieblichen Politik- und Praxisfeldern.

Die Reihe ist in zwei Schwerpunkte gegliedert:

- Berufsbildung, Arbeit und Innovation (Hauptreihe)
- Dissertationen/Habilitationen (Unterreihe)

Reihenherausgebende:

### **Prof.in Dr.in habil. Marianne Frieze**

Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Erziehungswissenschaften  
Professur Berufspädagogik/Arbeitslehre

### **Prof. Dr. paed. Klaus Jenewein**

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Institut I: Bildung, Beruf und Medien; Berufs- und Betriebspädagogik  
Lehrstuhl Ingenieurpädagogik und gewerblich-technische Fachdidaktiken

### **Prof.in Dr.in Susan Seeber**

Georg-August-Universität Göttingen  
Professur für Wirtschaftspädagogik und Personalentwicklung

### **Prof. Dr. Dr. h. c. Georg Spöttl M. A.**

Zentrum für Technik, Arbeit und Berufsbildung an der Uni Campus GmbH  
der Universität Bremen und Steinbeis-Transferzentrum InnoVET in Flensburg

### **Wissenschaftlicher Beirat**

- Prof. Dr. Thomas Bals, Osnabrück
- Prof.in Dr.in Karin Büchter, Hamburg
- Prof. Dr. Frank Bünning, Magdeburg
- Prof.in Dr.in Ingrid Darmann-Finck, Bremen
- Prof. Dr. Michael Dick, Magdeburg
- Prof. Dr. Uwe Faßhauer, Schwäbisch Gmünd
- Prof. Dr. Martin Fischer, Karlsruhe
- Prof. Dr. Philipp Gonon, Zürich
- Prof. Dr. Franz Ferdinand Mersch, Hamburg
- Prof.in Dr.in Manuela Niethammer, Dresden
- Prof. Dr. Jörg-Peter Pahl, Hamburg
- Prof. Dr. Tade Tramm, Hamburg
- Prof. Dr. Thomas Vollmer, Hamburg



Weitere Informationen finden  
Sie auf [wbv.de/bai](http://wbv.de/bai)



Thomas Vollmer, Torben Karges, Tim Richter,  
Britta Schlömer, Sören Schütt-Sayed (Hg.)

# **Digitalisierung mit Arbeit und Berufsbildung nachhaltig gestalten**



Berufsbildung, Arbeit und Innovation –  
Hauptreihe, Band 55

© 2020 wbv Publikation  
ein Geschäftsbereich der  
wbv Media GmbH & Co. KG  
Bielefeld 2020

Gesamtherstellung:  
wbv Media GmbH & Co. KG, Bielefeld  
**wbv.de**

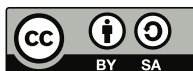
Umschlagmotiv: 1expert, 123rf

Bestellnummer: 6004722  
ISBN (Print): 978-3-7639-5833-7  
DOI: 10.3278/6004722w

Printed in Germany

Diese Publikation ist frei verfügbar zum Download unter  
[wbv-open-access.de](http://wbv-open-access.de)

Diese Publikation mit Ausnahme des Coverfotos ist unter  
folgender Creative-Commons-Lizenz veröffentlicht:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Für alle in diesem Werk verwendeten Warennamen  
sowie Firmen- und Markenbezeichnungen können  
Schutzrechte bestehen, auch wenn diese nicht als solche  
gekennzeichnet sind. Deren Verwendung in diesem Werk  
berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese frei verfü-  
gbar seien.

---

#### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

---

Die freie Verfügbarkeit der E-Book-Ausgabe dieser Publikation wurde ermöglicht durch ein Netzwerk wissenschaftlicher Bibliotheken und Institutionen zur Förderung von Open Access in den Sozial- und Geisteswissenschaften im Rahmen der *wbv OpenLibrary 2020*.

Die Publikation beachtet unsere Qualitätsstandards für Open-Access-Publikationen, die an folgender Stelle nachzulesen sind:

[https://www.wbv.de/fileadmin/webshop/pdf/Qualitaetsstandards\\_wbvOpenAccess.pdf](https://www.wbv.de/fileadmin/webshop/pdf/Qualitaetsstandards_wbvOpenAccess.pdf)

Großer Dank gebührt den Förderern der OpenLibrary 2020 in den Fachbereichen Erwachsenenbildung und Berufs- und Wirtschaftspädagogik:

Freie Universität **Berlin** | Humboldt-Universität zu **Berlin** | Universitätsbibliothek **Bielefeld** | Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) **Bonn** | Deutsches Institut für Erwachsenenbildung Leibniz-Zentrum für Lebenslanges Lernen e. V. **Bonn** | Staats- und Universitätsbibliothek **Bremen** | Universität **Duisburg-Essen** | Universitäts- und Landesbibliothek **Düsseldorf** | Goethe-Universität **Frankfurt am Main** | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation (DIPF) **Frankfurt am Main/Berlin** | Pädagogische Hochschule **Freiburg** | Georg-August-Universität **Göttingen** | Karl-Franzens-Universität **Graz** | Martin-Luther-Universität **Halle-Wittenberg** | Universitätsbibliothek **Hagen** (FernUni Hagen) | **Karlsruher** Institut für Technologie (KIT) | Universitätsbibliothek **Kassel** | Zentral- und Hochschulbibliothek **Luzern** (ZHB) | Universitätsbibliothek **Magdeburg** | Max Planck Digital Library München | Universitäts- und Landesbibliothek **Münster** | Landesbibliothek **Oldenburg** | Universitätsbibliothek **Osnabrück** | Universitätsbibliothek **St. Gallen** | Universität **Vechta** | Pädagogische Hochschule **Zürich** | Zentralbibliothek **Zürich**



# Inhalt

Vorwort .....	9
<b>Ressourcenfokussierte Facharbeit als Gegenstand beruflicher Bildung .....</b>	<b>15</b>
<i>Thomas Vollmer</i>	
Digitalisierung und Nachhaltigkeit – Chancen und Risiken .....	17
<i>Stefan Nagel</i>	
Nachhaltigkeitsorientiertes Fachkräftehandeln im Kontext einer Green Economy und zunehmender Digitalisierung .....	37
<b>Handling oder Handlung – Wege zum „smarten“ Lernen im Unterricht gewerblich-technischer Schulen .....</b>	<b>59</b>
<i>Susanne Thimet</i>	
Interdisziplinäre Ausbildung von Lehrkräften zu Industrie 4.0 .....	61
<i>Hartmut Müller, Folene Nannen-Gethmann</i>	
Berufliche Qualifizierung 4.0 – Konzepte und Ziele für die gewerblichen Berufe .....	73
<i>Martin D. Hartmann, Eric J. Wendkouni Sawadogo, Dirk Wohlrabe</i>	
Komplexität technisch-kommunikativer Vorgänge im Rahmen der Digitalisierung und Konsequenzen für Kompetenzprofile und Unterricht .....	85
<i>Tanja Mansfeld</i>	
Gehört das deutsche System der Berufsbildung bald „zum alten Eisen“? .....	107
<i>Britta Schlömer</i>	
Technische Produktdesignerinnen und -designer: Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeitsprozesse und Konsequenzen für eine zukunftsgerechte Unterrichtsentwicklung .....	119
<i>Andreas Lindner, Anna-Lisa Krause</i>	
„Smarteres Lernen“ – „Lernen 4.0“ – oder einfach nur „Programmiertes Lernen – reloaded“? .....	135

*Lars Windelband*

Berufliche Handlungsfähigkeit in digitalisierten Arbeitsumgebungen verlangt  
Prozesskompetenz und neue didaktische Ansätze in der beruflichen Bildung .. 149

**Informatik verändert die gewerblich-technische Berufsbildung** ..... 161*Axel Grimm*

Neues zur beruflichen Fachrichtung „Informationstechnik/Informatik“ ..... 163

*Simone Opel, Michael Schlichtig*

Data Science und Big Data in der beruflichen Bildung: Konzeption und  
Erprobung eines Projektkurses für die Sekundarstufe II ..... 175

*Tamara Riehle*

Welche informatischen Kenntnisse oder Kompetenzen brauchen Fachkräfte  
in der gewerblich-technischen Domäne im Zeitalter der Digitalisierung? ..... 195

*Maik Jepsen*

Netzwerktechnik in nicht IT-spezifischen Bildungsgängen ..... 207

# Vorwort

## ***Digitalisierung mit Arbeit und Berufsbildung nachhaltig gestalten***

Beiträge der 29. Fachtagung der BAG Elektrotechnik, Informationstechnik, Metalltechnik, Fahrzeugtechnik im Rahmen der Hochschultage Berufliche Bildung am 11. und 12. März 2019 in Siegen.

Die Digitalisierung der Arbeitswelt und Gesellschaft ist aktuell ein „Hype-Thema“, das seinen Ausdruck findet mit Begriffen wie „Industrie 4.0“, „Arbeit 4.0“ oder „Bildung 4.0“. Das „4.0“ nimmt in den Medien breiten Raum ein, wird viel diskutiert, lässt Beschäftigungseinbußen befürchten und ist mit Ängsten verbunden, eröffnet aber auch Perspektiven für effizienteres Arbeiten, naturverträglicheres Wirtschaften und neue Formen des Lernens. Das Thema „Digitalisierung mit Arbeit und Berufsbildung nachhaltig gestalten“ haben die Bundesarbeitsgemeinschaften Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik<sup>1</sup> mit ihrer Fachtagung 2019 in Siegen aufgegriffen, weil es absehbar wird, dass wir uns am Anfang eines durchgreifenden gesellschaftlichen Transformationsprozesses mit globalen Dimensionen befinden, dessen Richtung noch nicht absehbar ist, der jedoch sozial- und naturverträglich gestaltet werden muss. Die Entwicklungen der Digitalisierung durchdringen die elektro- und informationstechnischen ebenso wie die metall- und fahrzeugtechnischen Berufe – weil sich einerseits ihre Tätigkeiten und Anforderungen deutlich verändern werden, sie aber andererseits mit der Installation und Integration digitaler Technologien die gesellschaftliche Transformation mit vorantreiben.

Die Informationstechnologien verursachen schon seit Längerem Veränderungsprozesse, die sich aber in jüngster Zeit mit einer zunehmenden Dynamik entfalten. Damit sind Chancen und Risiken verbunden, auf welche die Berufsbildung reagieren muss, um die Beschäftigten für eine Zukunft zu befähigen, die von einer radikalen Abkehr von konventionellen Energie-, Produktions- und Dienstleistungsformen gekennzeichnet sein wird. Einerseits kann eine Steigerung der Ressourceneffizienz zur Erhaltung der Lebensgrundlagen ohne Digitalisierung nicht gelingen, andererseits ist darauf zu achten, dass die Digitalisierung hinsichtlich Beschäftigungsperspektiven und Arbeitsinhalten sozialverträglich gestaltet wird. Mit diesem Spannungsfeld ist die gewerblich-technische Berufsbildung insofern besonders konfrontiert, als die Fachkräfte sowohl mit der Implementation digitaler Technologien in die Arbeitswelt befasst sind als auch die Weiterentwicklung der Produktions- und Dienstleistungsprozesse eine zentrale Aufgabe sein wird. Dieser Band dokumentiert Beiträge der BAG-Fachtagung in Siegen, die in drei Themenbereichen gegliedert sind.

---

1 [www.bag-elektrometall.de](http://www.bag-elektrometall.de)

## Ressourcenfokussierte Facharbeit als Gegenstand beruflicher Bildung

Mit der Digitalisierung sind sowohl Chancen für Ressourceneinsparungen als auch die Gefahr von weiter steigendem Material- und Energiebedarf aufgrund von Reboundeffekten möglich. Deshalb wird es auch eine zentrale Aufgabe der Facharbeit sein, die sich rasant verändernden Möglichkeiten für eine ressourcenfokussierte Mitgestaltung von Produktions-, Service- und Reparaturprozessen zu nutzen und so einen Beitrag zur Erhaltung der Lebensgrundlagen zu leisten. Mit diesem Aspekt der gewerblich-technischen Berufsbildung setzen sich die Beiträge von Thomas Vollmer und Stefan Nagel auseinander.

*Thomas Vollmer* macht in seinem Beitrag „Digitalisierung und Nachhaltigkeit – Chancen und Risiken“ deutlich, dass eine Digitalisierung einerseits zu großen Problemen hinsichtlich des Ressourcenverbrauchs führen kann, wenn sie sich ungesteuert entfaltet, sie aber andererseits für die gesellschaftliche Transformation zur Erreichung der politisch gesetzten Nachhaltigkeitsziele unerlässlich ist. Vor diesem Hintergrund fordert er, berufliche Bildung müsse sich wieder stärker auf den gestaltungsorientierten Ansatz besinnen und sich nicht nur damit befassen, welche Kompetenzen in einer digitalisierten Arbeitswelt zu erwarten sein werden und wie diese gefördert werden können. Er erachtet es vielmehr als notwendig, auch die Chancen und Risiken der Digitalisierung in der beruflichen Bildung zu thematisieren, um Aus- und Weiterzubildende zur Mitgestaltung der Arbeitswelt und Gesellschaft in sozialer, ökonomischer, ökologischer und individueller Verantwortung zu befähigen.

*Stefan Nagel* befasst sich mit seinem Beitrag „Nachhaltige Entwicklung im Berufsfeld Metalltechnik – Transformatives Facharbeiterhandeln im Kontext einer Green Economy und zunehmender Digitalisierung“ mit einer nachhaltigkeitsorientierten Planung, Umsetzung und Optimierung von Wertschöpfungs- und Unterstützungsprozessen durch erfahrene Facharbeiter:innen auf der operativen Ebene in der Industrie. Am Beispiel des Ausbildungsberufs Industriemechaniker:in setzt er sich damit auseinander, wie sich nachhaltiges Handeln in beruflichen Arbeitsprozessen industrieller Metallberufe in Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes äußern kann. Ausgehend vom Verständnis einer nachhaltigen Entwicklung, einer Green Economy und einer Corporate Social Responsibility (CSR) beschäftigt er sich mit den Sach- und Sinnzusammenhängen der beruflichen Aufgaben und Anforderungen an die Facharbeit. Nach einer analytisch-deduktiven Erläuterung nachhaltigen Handelns im Berufsfeld Metalltechnik werden im Anschluss empirisch gewonnene Erkenntnisse und exemplarische berufs- und berufsfeldspezifische Nachhaltigkeitskompetenzen mit konkretem Fachbezug vorgestellt.



## Handling oder Handlung – Wege zum „smarten“ Lernen im Unterricht gewerblich-technischer Schulen

Mit der Digitalisierung und der damit zu erwartenden maschinengenerierten Steuerung vollständiger Wertschöpfungsketten wächst die Gefahr, dass berufliche Handlungen als Merkmal qualifizierter Facharbeit von technisch vorgegebenen Handling-Prozessen abgelöst werden. Die Berufsbildung steht somit im Spannungsfeld zwischen Anpassen und Mitgestalten. Die in diesem Themenfeld gebündelten Beiträge befassen sich mit der Frage, wie durch didaktische Transformation von Arbeitsprozessen hin zu Lernsituationen auf diese Entwicklung vorbereitet werden kann und welche unterrichtsmethodischen Ansätze geeignet sind, um „smartes Lernen“ zu ermöglichen, das zur Einflussnahme auf Digitalisierungsprozesse befähigt.

Die Beantwortung einer solchen Frage fängt mit der Ausbildung der Lehrenden an. *Susanne Thimet* stellt mit ihrem Beitrag „Interdisziplinäre Ausbildung von Lehrkräften zu Industrie 4.0“ die Ergebnisse der zweimaligen Durchführung des am Beruflichen Seminar Karlsruhe erarbeiteten Konzepts „Lehrerbildung 4.0“ vor, mit dem angehende Lehrkräfte unterschiedlicher Fächer bzw. Fachrichtungen befähigt werden sollen, die fachlichen und überfachlichen Kompetenzen künftiger „Facharbeiterinnen und Facharbeiter 4.0“ an den beruflichen Schulen zu fördern. Im Rahmen sogenannter interdisziplinärer Fachdidaktiktagungen können sie sich zunächst mit einer labormäßigen Automatisierungsanlage in der kooperierenden Carl-Benz-Schule Gaggenau vertraut machen, um anschließend mit Unterstützung von Fachausbildern in die Fertigungsprozesse einzugreifen und darauf aufbauend Sequenzen für ihren jeweiligen Fachunterricht zu entwickeln, ihre Unterrichtsentwürfe zu präsentieren und sich darüber interdisziplinär auszutauschen.

Die Kompetenzen der Lehrenden und der Lernenden in der Beruflichen Bildung vor dem Hintergrund der Digitalisierung sind Inhalt des Beitrages „Berufliche Lehrerfortbildung 4.0 – Konzepte und Ziele für die gewerblich-technischen Berufe“ von *Folene Nannen-Gethmann* und *Hartmut Müller*. Sie gehen der Fragestellung „Handling oder Handlung“ mit Blick auf die Praxis der Berufsbildung einerseits und einem europäischen Projekthintergrund andererseits nach. Da es weder einheitliche curriculare Vorgaben noch eine vergleichbare, gute digitale Ausstattung der Schulen gibt und somit sehr unterschiedliche Wege existieren, den Herausforderungen der Digitalisierung zu begegnen, können die Ergebnisse aus einem europäischen Erasmus+ Projekt zur beruflichen Bildung 4.0 Anstöße geben, die Schulen für „smartes Lernen“ zu befähigen und die damit verbundenen didaktischen Herausforderungen zu bewältigen. Die Autoren stellen Ergebnisse des Projekts „Vocational Education and Training in the Working World 4.0“ vor, das sich mit den Veränderungen der Arbeitswelt in den Bereichen Elektrotechnik und Mechatronik und den damit einhergehenden Veränderungen der Kompetenzanforderungen für Lernende und Lehrende befasste.

*Dirk Wohlrabe*, *Eric Sawadogo* und *Martin D. Hartmann* stellen in ihrem Beitrag „Komplexität technisch-kommunikativer Vorgänge im Rahmen der Digitalisierung

und Konsequenzen für Kompetenzprofile und Unterricht“ ein Konzept der Planung von lernfeldstrukturiertem Unterricht vor, mit dem sich Studierende des Lehramts der beruflichen Fachrichtungen Metall- und Maschinentechnik sowie Elektrotechnik und Informationstechnik das Potenzial und die Problemfelder der Digitalisierung für Lernprozesse mittels einer Modellfabrik erschließen. Es wird dabei der Fokus auf die zunehmende Vernetzung gerichtet, die sich im Zusammenhang mit der Digitalisierung größerer Anlagen auch für die berufliche Bildung ergibt. Die Ausprägung von Vernetzung bzw. Komplexität in der beruflichen Arbeit wird am Beispiel technisch-kommunikativer Vorgänge dargestellt und daraus Folgerungen für Kompetenzprofile künftiger Fachkräfte abgeleitet.

*Tanja Mansfeld* setzt sich in ihrem Beitrag „Gehört das deutsche System der Berufsbildung bald „zum alten Eisen?““ damit auseinander, welche Tätigkeiten in Zukunft von Rechnern und Robotern übernommen und welche Fähigkeiten von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern dann erwartet werden könnten. Anschließend diskutiert sie, wie sich Berufsbildung in der Metall- und Elektrotechnik nachhaltig gestalten lässt und welches Potenzial das deutsche System der Berufsbildung bietet. Ihr Ausgangspunkt ist die Debatte, in der das deutsche Berufsbildungssystem in Hinblick auf die Automatisierung und Entwicklung künstlicher Intelligenz (KI) sowie zunehmende Bedeutung der Robotik infrage gestellt wird. Dabei bezieht sie sich auf Publikationen, die in den Berufsfeldern der Metallerzeugung und -bearbeitung, den Elektroberufen und bei den Industrie- sowie Werkzeugmechaniker:innen ein sehr hohes Substituierbarkeitspotenzial bei Tätigkeiten mit sich häufig wiederholenden oder sehr strukturierten Arbeiten in einer vorhersehbaren Umgebung sehen.

*Britta Schlömer* wendet in ihrem Beitrag „Technische Produktdesignerinnen und -designer: Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeitsprozesse und Konsequenzen für eine zukunftsgerechte Unterrichtsentwicklung“ den Blick auf die Ausbildung von „Technischen Produktdesignerinnen und -designern“, welche die Ausbildung zu „Technischen Zeichnerinnen und Zeichnern“ aufgrund der Digitalisierung abgelöst hat. Insofern kann diese Berufsausbildung als ein Exempel für eine frühzeitige Adaption der Digitalisierung in der gewerblich-technischen Domäne betrachtet werden. In diesem Beitrag wird am Beispiel der Technischen Produktdesigner:innen aufgezeigt, welche Auswirkungen die Digitalisierung auf die Arbeitsprozesse in diesem Beruf bereits hatte und welche weiteren Entwicklungen prognostiziert werden können. Gestützt werden die Ausführungen durch empirische Befunde aus Arbeitsprozessanalysen und durch aktuelle Thesen und Szenarien zur Digitalisierung von Beruf und Arbeit. Ausgehend von „digital transformierten“ Arbeitsprozessen und Aufgabenanforderungen werden schließlich konzeptuelle Überlegungen, Prinzipien und Annahmen zur Unterrichtsentwicklung vorgestellt.

*Andreas Lindner* und *Anna-Lisa Krause* befassen sich mit Tools zur Erstellung von Lernarrangements, die mit dem Aufkommen der Begriffe wie „Smartes Lernen“, „Digitale Bildung“ oder „Lernen 4.0“ zunehmend im Internet – teils kostenfrei – zur Verfügung stehen. In ihrem Beitrag „„Smartes Lernen“ – ‚Lernen 4.0‘ – oder einfach nur ‚Programmiertes Lernen – reloaded‘?“ stellen sie eine Unterrichtssequenz vor,

die an der Städtischen Berufsschule für Fertigungstechnik in München in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität München entwickelt wurde und es Lernenden ermöglicht, mithilfe eines CAD-Systems (hier: SolidWorks) die Kenntnisse des technischen Zeichnens zu vertiefen und zu verbessern. Die damit gemachten unterrichtspraktischen Erfahrungen werden vorgestellt und reflektiert.

*Lars Windelband* geht in seinem Beitrag „Berufliche Handlungsfähigkeit in digitalisierten Arbeitsumgebungen verlangt Prozesskompetenz und neue didaktische Ansätze in der beruflichen Bildung“ der Fragestellung nach, wie der notwendige Perspektivwechsel in der beruflichen Bildung hin zu einem veränderten Prozessverständnis, bei dem die Vernetzung in den Mittelpunkt der beruflichen Bildung rückt, entwickelt und gefördert werden kann. Aus einem Modellvorhaben werden Möglichkeiten der Neuausrichtung der schulischen und betrieblichen Ausbildung in einer durch digitale Medien gestützten Lernortkooperation aufgezeigt, die berufsübergreifendes Lernen eröffnet sowie das Denken und Handeln in vernetzten Systemen, in Prozesszusammenhängen und in interdisziplinären Zusammenhängen fördert, um den Anforderungen von „Industrie 4.0“ zu entsprechen.

## **Informatik verändert die gewerblich-technische Berufsbildung**

Informatik ist die Querschnittsdisziplin, die in sämtlichen Digitalisierungsprozessen Anwendung findet. Auf drei Ebenen, berufsunspezifisch (Anwendung), berufsspezifisch (IT-Berufe) und akademisch (Informatikstudium), ergeben sich im Zuge der Digitalisierung Kompetenzerwartungen, welche eine Anpassung von Bildungsprozessen erforderlich erscheinen lassen. Nachfolgend sind Beiträge zusammengefasst, die sich mit der Frage befassen, wie informatische Bildung berufsspezifisch und -unspezifisch gestaltet werden kann, angesichts der Situation, dass Informatik kein bundesweites Pflichtfach an allgemeinbildenden Schulen ist.

*Axel Grimm* nähert sich in seinem Beitrag „Neues zur beruflichen Fachrichtung ‚Informationstechnik/Informatik‘“ aus verschiedenen Perspektiven einer beruflichen Fachrichtung Informationstechnik und ihrer Didaktik und zeigt auf, dass sich die Informationstechnik einerseits als eigenständiges interdisziplinäres Beschäftigungsfeld mit einer eigenen Berufsfamilie der IT-Berufe und andererseits als breites Beschäftigungsfeld im Lehrkräftenhandeln sowie als eigenständiges Forschungsfeld etabliert hat. Vor diesem Hintergrund zeigt der Beitrag, dass die berufliche Fachrichtung Informationstechnik/Informatik – unter den aktuellen Herausforderungen – dringend mit einem eigenständigen Profil in der Lehramtsausbildung und als Forschungsgebiet sichtbar werden muss, nicht zuletzt weil die Informationstechnik mit der Digitalisierung weitestgehend alle Lebens- und Arbeitsbereiche durchdrungen hat und politisch, gesellschaftlich und wirtschaftlich zu einem Megathema geworden ist. Einer Fachdidaktik Informationstechnik käme auch die Aufgabe zu, auf individuelle, gesellschaftliche und wirtschaftliche Fragestellungen Antworten zu geben.

Vor dem Hintergrund, dass für die Ausbildung in den IT- und IT-nahen Berufen „Big Data“, „Künstliche Intelligenz“ und „Data Science“ schon heute Herausforderungen sind, beleuchtet *Simone Opel* in ihrem Beitrag „Data Science und Big Data in der beruflichen Bildung – Konzeption und Erprobung eines Projektkurses für die Sekundarstufe II“, welche Aspekte hiervon für Schule und Ausbildung von Wichtigkeit sind und wie diese Themen sinnstiftend und gewinnbringend in die informatische Ausbildung in verschiedenen Bildungsgängen integriert werden können. Ausgehend von einem Symposium mit verschiedenen Fachexperten, die relevante Facetten des Themas „Data Science“ erörterten, um Kernelemente für den Unterricht zu identifizieren, wurde ein experimenteller Projektkurs entwickelt und mit Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II im Schuljahr 2018/19 an der Universität Paderborn durchgeführt mit dem Ziel, in weiteren Schritten ein umfassendes Curriculum zu entwickeln. Die Autorin stellt im Beitrag exemplarische Modulbausteine und Materialien des Projekts ProDaBi vor.

Mit Bezug auf die Diskussion über den Stellenwert von Informatikunterricht in den allgemeinbildenden Schulen geht *Tamara Riehle* in ihrem Beitrag „Welche informatischen Kenntnisse oder Kompetenzen braucht eine Fachkraft in der gewerblich-technischen Domäne im Zeitalter der Digitalisierung?“ der Frage nach, inwieweit die Lehrinhalte der allgemeinbildenden Schulen zur Informatik als Voraussetzung für die Berufsausbildung ausreichen oder ob zusätzliche Lehreinheiten in der beruflichen Bildung benötigt werden. Daran schließt sie die Frage an, ob Inhalte aus der Informatik aktuell in den Lehrplänen der gewerblich-technischen Bildung ex- oder implizit bereits enthalten sind und welche Informatik-Kenntnisse und -Fertigkeiten in den nächsten Jahren für eine berufliche Handlungsfähigkeit relevant werden. Zur Beantwortung dieser Fragen nutzt sie eine Dokumentenanalyse von Lehrmaterialien, Lehrplänen und Empfehlungen für den metalltechnischen und den Informatikunterricht sowie die Ergebnisse einer explorativen Expertenbefragung von Personal- und Ausbildungsverantwortlichen.

*Maik Jepsen* befasst sich in seinem Beitrag „Netzwerktechnik in nicht IT-spezifischen Bildungsgängen“ mit neuen Kompetenzerwartungen außerhalb der IT-Kernberufe und erachtet darauf ausgerichtete Lernarrangements in der Aus- und Weiterbildung als erforderlich, die inhaltlich und methodisch freilich auf die jeweilige Berufsgruppe, z. B. in der Produktion, der Automatisierung oder der Logistik, abzustimmen sind. Von dieser Grundüberlegung ausgehend geht er der Frage nach, inwieweit das weit verbreitete Lernangebot „Networking Essential“ der Cisco-Networking-Academy geeignet ist, IT-Netzwerkkompetenzen außerhalb einschlägiger IT-Qualifikationen weiter zu fördern. Neben der curricularen Analyse werden erste Erfahrungen aus der Unterrichtspraxis an der Fachschule am Beispiel der Ausbildung staatlich geprüfter Techniker:innen der Mechatronik vorgestellt.

Thomas Vollmer, Torben Karges, Tim Richter, Britta Schlömer, Sören Schütt-Sayed

## **Ressourcenfokussierte Facharbeit als Gegenstand beruflicher Bildung**



# Digitalisierung und Nachhaltigkeit – Chancen und Risiken

THOMAS VOLLMER

## Abstract

Die Themen der Berichterstattung und der politischen Diskussionen wie auch die Demonstrationen der „Fridays For Future“-Bewegung machen deutlich: Wir befinden uns am Anfang eines durchgreifenden globalen Transformationsprozesses. Die zwei Begriffe Digitalisierung und Nachhaltigkeit markieren ein Spannungsfeld. Mit der zunehmenden Digitalisierung aller Lebensbereiche einerseits und der Auseinandersetzung mit Maßnahmen gegen den Klimawandel andererseits sind sowohl Chancen für eine sozial- und umweltverträgliche Zukunftsentwicklung als auch große Probleme etwa des Arbeitsplatzrückgangs oder der Zerstörung unserer Lebensgrundlagen verbunden, wenn dieser Transformationsprozess nicht bewusst gestaltet wird. Dies ist nicht nur eine Aufgabe der Politik und der Eliten, sondern bedarf der Mitwirkung aller Bürger, neben deren politischem Engagement auch durch ihre Berufsarbeit. Der Berufsbildung kommt dabei die Aufgabe zu, Mitwirkungsmöglichkeiten durch die Berufsarbeit aufzuzeigen, die dafür notwendigen Kompetenzen zu fördern und die Zusammenhänge von individuellem und kollektivem Handeln mit Blick auf lokale, regionale, nationale und globale Entwicklungen zu verdeutlichen, einschließlich der damit einhergehenden Widersprüche und Entscheidungsdilemmata. Nachfolgend werden, von einer kritischen Betrachtung der aktuellen Diskussion ausgehend, die Chancen und Risiken der Digitalisierung im Zusammenhang mit der Ressourcenproblematik und der Energiewende beleuchtet, um daran anknüpfend Ansatzpunkte für eine Berufsbildung vorzustellen, die eine Ausbildung für die „Fridays For Future“-Generation attraktiver machen könnten.

The topics of reporting and political discussions as well as the demonstration of the “Fridays For Future”-movement make it clear that we are at the beginning of a sweeping global transformation process. The two terms digitalization and sustainability mark a field of tension. With the increasing digitalization of all areas of life on the one hand and the debate about measures to combat climate change on the other hand, there are opportunities for socially and environmentally compatible future development as well as major problems such as a loss of jobs or the destruction of our livelihoods if this transformation process is not consciously designed. This is not only a task of the politics of the elites, but also requires the participation of all citizens, in addition to their political commitment, also through their professional work. Vocational education has the task of demonstrating opportunities for participation

through professional work, promoting the necessary skills and clarifying the connections between individual and collective action with a view to local, regional, national and global developments, including the associated contradictions and decision dilemmas. Starting from a critical view of the current discussion, the chances and risks of digitization in connection with the resource problem and the energy transition are examined in order to present approaches to Vocational Education that could make training more attractive for the “Fridays For Future”-generation.

## 1 Digitalisierung – quo vadis

Die Digitalisierung ist ein Prozess, der sich mit der Produktionsautomatisierung, dem Internet, den neuen Medien, der Produktvernetzung usw. schon über mehrere Dekaden vollzieht, ein Zeitraum, der durch kontinuierlich wachsenden Naturverbrauch und zunehmende Umweltbelastung gekennzeichnet ist. Die technischen Entwicklungen haben zum Wohlstand beigetragen, aber auch Produktions- und Konsummuster befördert, die zu immer weiter steigenden Energie- und Ressourcenverbräuchen mit massiven Belastungen der Ökosysteme geführt haben. Vor solchen Folgen wird schon seit Jahrzehnten mit Hinweis auf die begrenzte Biokapazität der Erde als Lebensgrundlage der Menschheit gewarnt. Die „Grenzen des Wachstums“ sind zwar nicht so schnell erreicht worden, wie vor fast 50 Jahren vom Club of Rome (vgl. Meadows u. a. 1972) prognostiziert, aber mittlerweile zeichnet sich die Gefährdung der Lebensgrundlagen der Menschheit immer deutlicher ab – die Existenz der Bevölkerung in Teilen der Welt ist schon in naher Zukunft infrage gestellt. Die Ursachen dieser Probleme sind bekannt, ebenso sind Ansätze und Konzepte entwickelt worden, dem entgegenzusteuern. Es mangelt jedoch an Bewusstsein und Willen, entscheidende Schritte hin zu einer nachhaltigen Entwicklung zu gehen, die schon seit Längerem hätten gegangen werden müssen. Unter anderem hat der *Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen* (WBGU) die Zusammenhänge benannt und Szenarien einer „Großen Transformation“ der Bundesrepublik hin zu einer dekarbonisierten Gesellschaft entworfen, die ohne klimaschädigende Nutzung fossiler Rohstoffe auskommt (vgl. WBGU 2011). Es gibt zahlreiche Initiativen für einen fairen Welthandel und für naturverträglicheren Konsum, es existieren globale, nationale und lokale Beschlüsse und Pläne für nachhaltige Entwicklung – ein wirklich durchgreifender Wandel ist aber noch immer nicht vollzogen worden.

Es besteht vielmehr die Gefahr, dass sich mit der Geschwindigkeit und der Tiefe technologischer Entwicklungen und deren ungesteuerter Nutzung Eigendynamiken durchsetzen, die nicht nur die Lebensgrundlagen der Menschheit weiter zerstören und klimabedingte Völkerwanderungen bisher ungekannten Ausmaßes verursachen werden, sondern auch weltweit zu radikalen Änderungen im persönlichen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Leben führen können. Beispiele sind die Zunahme von „Fake News“ und die Erosion zivilisatorischer Standards im Internet, die zu



Vertrauensverlust führen und eine Gefahr für das demokratische Zusammenleben darstellen, die totale Bevölkerungskontrolle (wie in China mit sogenannten „Social Credit Scores“), die Beherrschung der Zugänge zu Märkten, zu Wissen, zu Kommunikation und zu Information, die Entwicklung von Monopolen, die sich nationalen politischen Regulierungen entziehen, die Machtlosigkeit gewählter Regierungen, Unternehmen angemessen zu besteuern und sozial- und umweltverträgliche Wirtschaftspolitik zu betreiben und vieles andere mehr. Der WBGU hat dies in seinem Gutachten *Unsere gemeinsame digitale Zukunft* „pathologische Effekte ungehemmter Entwicklungen“ genannt. Er stellt fest: „Derzeit scheinen unsere Gesellschaften eher durch die Geschwindigkeit und Tiefe technologischer Umbrüche und deren Nutzung durch mächtige, insbesondere private, aber auch staatliche Akteure überfordert zu sein“ (WBGU 2019, S. 13). Vor diesem Hintergrund fordert er ein „Konzept der digitalisierten Nachhaltigkeitsgesellschaft [...], weil das künftige Schicksal der planetarischen Umwelt massiv vom Fortgang der digitalen Revolution abhängen wird“ (ebd., S. 1).

Der WBGU versucht, mit dem Gutachten „Antworten auf Kernfragen zu finden – Fragen nach der mittelfristigen Zukunft, ja sogar nach dem schieren Fortbestand des *Anthropos* auf der Erde. Nur wenn es gelingt, die digitalen Umbrüche in Richtung Nachhaltigkeit auszurichten, kann die Nachhaltigkeitstransformation gelingen. Digitalisierung droht ansonsten als Brandbeschleuniger von Wachstumsmustern zu wirken, die die planetarischen Leitplanken durchbrechen“ (ebd.; Hervorh. i. Orig.). Das Gutachten des WBGU warnt nicht nur vor den Risiken ungezügelter Technikentwicklung und -anwendung, sondern verdeutlicht auch,

„dass Digitalisierung dazu beitragen kann, planetarische Leitplanken einzuhalten. Dekarbonisierung, Kreislaufwirtschaft, umweltschonendere Landwirtschaft, Ressourceneffizienz und Emissionsreduktionen, Monitoring und Schutz von Ökosystemen könnten durch digitale Innovationen leichter und schneller erreicht werden als ohne sie. Die rasche und umfassende Mobilisierung dieser Möglichkeiten einer digital getriebenen Nachhaltigkeitstransformation ist daher ein Imperativ. Digitalisierung kann zudem gesellschaftliche Modernisierungspotenziale erschließen. Weltumspannendes Wissen, weltumspannende Kommunikation, weltgesellschaftliche Vernetzung in virtuellen und hybriden Räumen können Nachhaltigkeitstransformationen beschleunigen, menschliche Teilhabe verbessern, Weltumweltbewusstsein stärken und eine transnational vernetzte Gesellschaft hervorbringen, in der sich globale Kooperationskulturen entwickeln.“ (WBGU 2019, S. 9)<sup>1</sup>

Mit den Entwicklungen der Digitalisierung werden sich die gesellschaftlichen Veränderungsprozesse vermutlich in einer Art und Weise beschleunigen, die es erschwert, die Chancen und Risiken in ihrer Tragweite abzuschätzen und von vornherein steuernd eingreifen zu können, um notwendigerweise gesetzte Ziele sicher und vollumfänglich zu erreichen. Zudem können positive Absichten mit ungewollten Ne-

---

<sup>1</sup> Auf das WBGU-Gutachten kann hier nicht weiter eingegangen werden, da dieses den Rahmen des Artikels sprengen würde, die hier zitierte Kurzfassung gibt aber einen guten Überblick. Die Langfassung des Gutachtens und weitere Informationen sind im Internet unter <https://www.wbgu.de/de/schlagwortseiten/digitalisierung> zu finden.

benwirkungen verbunden sein. Dies kann dazu führen, dass die zu treffenden Entscheidungen – im Großen wie im Kleinen – in einem Spannungsfeld mit spezifischen Widersprüchen getroffen werden müssen, sodass von den Handelnden Dilemmasituationen zu bewältigen sind, während die Folgen der zu treffenden Entscheidungen nicht vollständig absehbar sind. Hier zu handeln erfordert, sich mit den verfügbaren Informationen auseinanderzusetzen, die widersprüchlichen Gesichtspunkte abzuwägen und in diesem Bewusstsein Verantwortung zu übernehmen.

## 2 Die Ressourcenfrage – wir leben auf Pump

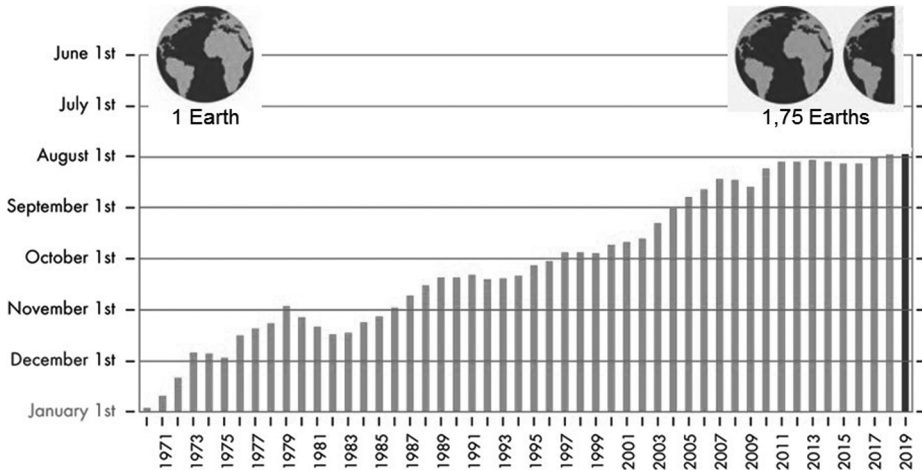
Wie oben angemerkt, hat die Digitalisierung in den letzten Dekaden nicht zu weniger Umweltinanspruchnahme geführt, sondern ging mit einem rasanten Anstieg des Ressourcenverbrauchs einher. Bis Anfang der 1970er Jahre hielt sich die jährliche Ressourceninanspruchnahme noch im Rahmen der weltweit vorhandenen Kapazitäten, die auf der Erde innerhalb eines Jahres nachwachsen können und uns damit nachhaltig zur Verfügung stehen. Die Zeiten, in denen noch Reserven übrig blieben, sind seitdem vorbei, der jährliche Verbrauch übersteigt die global zur Verfügung stehenden Ressourcen in steigendem Maße. Am 29. Juli 2019 – dem sogenannten Erdüberlastungstag – waren die Ressourcen, die die Erde für das Leben in diesem Jahr bereithielt, bereits erschöpft. Die restliche Zeit des Jahres lebte die Weltbevölkerung quasi „auf Pump“, weil sie die Biokapazität der Erde aufbrauchte (UBA 2019a). Dieser Raubbau bleibt nicht folgenlos, sondern führt zur Zerstörung von Biosphären, zu Klimawandel, Artensterben, Grundwasserkontaminierung, Plastikmüll in den Meeren und Giften in der Nahrungskette, um nur einiges zu nennen.

Der Ressourcenverbrauch wird vom Global Footprint Network seit geraumer Zeit als ökologischer Fußabdruck errechnet.<sup>2</sup> Der ökologische Fußabdruck ist ein Flächenmaß, das weltweit, aber auch national und lokal die Inanspruchnahme der Biosphäre durch die Menschen erfasst und den Ressourcenverbrauch ins Verhältnis zu der regenerativen Kapazität des Planeten setzt, der Biokapazität (vgl. UBA 2007). Damit wird sinnbildlich veranschaulicht, dass die Weltbevölkerung – vor allem die Menschen in den Industrienationen – zurzeit auf Kosten der zukünftigen Generationen und der ärmeren Länder existiert. Aktuell lebt die Menschheit so, als würden 1,75 Erden zur Verfügung stehen. Wenn die gesamte Weltbevölkerung auf dem hohen Konsumniveau von Deutschland leben wollte, wären sogar mehr als drei Erden erforderlich (vgl. UBA 2019a). Wenn die Ressourcenverknappung nicht wie vom Club of Rome bereits vor fast 50 Jahren prognostiziert erfolgte (vgl. Meadows u. a. 1972), ist dies auf die Erschließung weiterer Energie- und Rohstoffquellen und auf die technische Verbesserung der Ressourcenproduktivität zurückzuführen, die die „Grenzüberschreitung“ lediglich verzögert, aber nicht verhindert haben. Bis Mitte

---

2 Siehe: <https://www.footprintnetwork.org/>

der 1970er Jahre lag der globale Ressourcenverbrauch noch im Rahmen der Regenerationsfähigkeit des weltweiten Ökosystems, seitdem ist er jedoch kontinuierlich angestiegen. Lag der Erderschöpfungstag seinerzeit noch im Dezember, so ist er seitdem immer früher erreicht worden (Abb. 1).



**Abbildung 1:** Globaler Erderschöpfungstag 1970 bis 2019 (overshootday.org<sup>3</sup>)

Der deutsche Erdüberlastungstag war im Jahre 2019 sogar schon am 3. Mai erreicht (vgl. UBA 2019a). Insofern hat die Bundesrepublik – wie andere Industrienationen auch – aufgrund des sehr hohen „Erdverbrauchs“ im Vergleich zu anderen Ländern eine besondere Verantwortung für eine deutliche Reduktion der Ressourceninanspruchnahme. Diese Verantwortung liegt auch darin begründet, dass Deutschland als rohstoffarmes Land auf Importe angewiesen ist. Der Konsum zahlloser Produkte, bspw. Elektronikartikel, Haushaltsgeräte und Fahrzeuge, basiert überwiegend auf Rohstoffen, die in anderen Ländern gewonnen werden. „Dies bedeutet, dass der zunehmende internationale Handel zu einer Verlagerung der Rohstoffentnahme ins Ausland geführt hat. Im Jahr 2011 lag der ausländische Anteil am Rohstoffkonsum bereits bei 71%, mit weiter ansteigender Tendenz“ (UBA 2016, S.46 f.). Mit diesen Rohstoffentnahmen sind in den Ländern häufig auch soziale und ökologische Probleme verbunden, die hier kaum wahrgenommen werden.

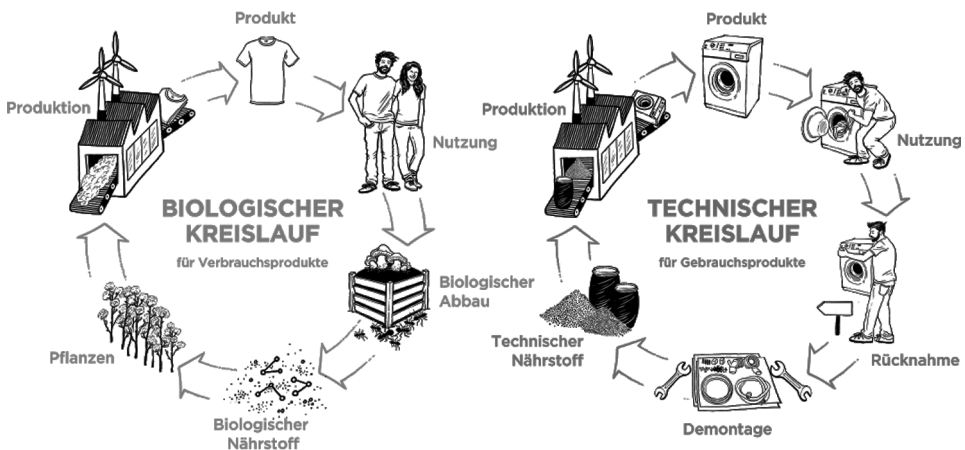
Maßnahmen zur Reduktion des deutschen Fußabdrucks sind eine nachhaltige Ressourcengewinnung, eine Steigerung der Ressourceneffizienz in der Produktion, eine ressourcenschonendere Produktgestaltung und ein Ausbau einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft, die im Ressourceneffizienzprogramm der Bundesregierung als Bausteine angestrebt werden (vgl. BMU 2016, S.44 ff.). Damit ist die Absicht einer stärkeren Entkoppelung der wirtschaftlichen Entwicklung von der Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen verbunden, oder mit anderen Worten, die

3 <https://www.overshootday.org/newsroom/press-release-june-2019-german/> (01.10.2019)

Verbesserung der Rohstoffproduktivität. Es ist allerdings umstritten, ob eine Verdoppelung der Ressourcenproduktivität bis 2020 gegenüber dem Jahr 1994, wie von der Bundesregierung beschlossen, ausreicht, um die Inanspruchnahme der Natur nachhaltig zu begrenzen.

### 3 Digitalisierung für den Umbau der Stoffkreislaufsysteme

Weiter geht der Designansatz „Cradle to Cradle“ („von der Wiege bis zur Wiege“; C2C), der in den 1990er Jahren entwickelt wurde (vgl. Braungart & McDonough 2014). Ihm liegt eine sichere und potenziell unendliche Zirkulation von Materialien und Nährstoffen in Kreisläufen nach dem Vorbild der Natur zugrunde. Der C2C-Ansatz unterscheidet sich insofern von herkömmlichem Recycling und der Ressourceneffizienz, weil es sich hier um biologische und technische Kreislaufsysteme handelt. **Im biologischen Kreislauf** zirkulieren Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen, die nach ihrem Gebrauch zu Kompost oder anderen Nährstoffen werden, aus denen wieder neue Produkte entstehen. **Im technischen Kreislauf** zirkulieren Gebrauchsgüter aus abiotischen Materialien, die jedoch bereits im Entwicklungs- und im Herstellungsprozess als Ressourcen für die nächste Nutzungsphase optimiert werden. Auch in diesem Kreislauf gehen Rohstoffe und Materialien nicht verloren, sondern werden nach ihrem Gebrauch zurückgewonnen und im Idealfall unendlich oft wiederverwertet (Abb. 2).



**Abbildung 2:** Geschlossene Materialkreisläufe nach dem Designansatz „Cradle to Cradle“ („von der Wiege bis zur Wiege“) (Cradle to Cradle e. V. n. Bierwirth 2016)

Beim herkömmlichen Recycling erfolgt hingegen meist ein „Downcycling“, wodurch minderwertigere Stoffe entstehen. Dabei erfasst die Ökobilanz die Umweltwirkung von Produkten von der Herstellung bis zu ihrer Nutzung (Cradle to Grave). Ressourceneffizient ist somit ein Produkt, das wenige Ressourcen verbraucht und wenige

Schadstoffe beinhaltet oder während der Produktion erzeugt. Ein Produkt ist demgegenüber ökoeffizient, wenn es sich vollständig in den biologischen oder technischen Kreislauf zurückführen lässt. C2C erfordert letztlich, dass alle Produkte gemäß diesem Designansatz „neu erfunden“ werden müssen. Die herkömmliche Kreislaufwirtschaft mit ihrer Entwicklungs- und Recyclingphilosophie verhindert dies jedoch. Vor diesem Hintergrund wird die vielgelobte deutsche Recyclingwirtschaft als innovationshemmend angesehen: „Die neuen Dinge kommen nicht auf den Markt, weil die alten optimiert werden. Das Falsche wird perfekt – und dadurch perfekt falsch. Wir haben die Abfallwirtschaft perfektioniert statt bessere Produkte zu entwickeln. [...] Bei Cradle to Cradle geht es nicht um Moral, sondern um Innovation und Qualität: Alles ist nützlich statt weniger schädlich“ (Braungart 2018). Mittlerweile werden jedoch neben Textilien, Baumaterialien, Chemieprodukten beispielsweise auch Fahrzeugteile, Leuchten, Haushaltsgeräte, Unterhaltungselektronik und andere Waren nach dem C2C-Konzept hergestellt (vgl. Boeing 2012).

Die fortschreitende Digitalisierung unterstützt C2C-Prozesse, weil hierfür detaillierte Informationen der in den Produkten verwendeten Materialien und deren Rückverfolgung erforderlich sind und diese Informationen mit dem Produktdesign, den Logistikkonzepten und den neuen Recyclingmethoden verknüpft werden müssen, um die Kreisläufe überhaupt zu ermöglichen. Und ebenso benötigt die fortschreitende Digitalisierung der Produktionsprozesse detaillierte Produktinformationen, da nichts digitalisiert werden kann, wenn nicht genau bekannt ist, was es ist und was es enthält. Insofern besteht eine Wechselbeziehung zwischen Digitalisierung und „Cradle to Cradle“: Die Digitalisierung erfordert Produktinformationen, die C2C bietet, und C2C benötigt umfassende Informationsverarbeitung, die ohne Digitalisierung nicht möglich ist (vgl. Braungart 2018). Es handelt sich also um ein positives Beispiel der Nützlichkeit der Digitalisierung für eine nachhaltige Entwicklung.

In diesem Prozess wird die gewerblich-technische Facharbeit ebenfalls von Bedeutung sein, ihre Mitwirkung wird substanziell sein für den Umbau des Produktions- und Kreislaufsystems. In industriellen wie in handwerklichen Arbeitsprozessen werden zunehmend auch nachwachsende Materialien zum Einsatz kommen (vgl. Vollmer 2018, S. 156 ff.). Die Nutzung solcher Werkstoffe wird durch neue Produktionstechnologien, wie bspw. „Additive Fertigungsverfahren“, erst ermöglicht (vgl. Zeidler 2019). Für die gewerblich-technische Aus- und Weiterbildung sind vor diesem Hintergrund neue Inhalte in schulischen sowie betrieblichen Lehrplänen zu integrieren und mit entsprechenden technischen Ausstattungen umzusetzen. Damit verbunden ist notwendigerweise die Förderung eines veränderten Bewusstseins, das grundlegend geprägt sein muss vom Denken in technischen und biologischen Stoffkreisläufen, wenn C2C-Prozesse konsequent gestaltet werden sollen. Dies betrifft jedoch nicht nur die Verwendung von Rohstoffen und vorgefertigten Materialien, sondern natürlich auch im hohen Maße die Energienutzung.

## 4 Digitalisierung und Energieversorgung

Der Umbau des Energieversorgungssystems hat in Deutschland eine herausragende Bedeutung für die Verringerung des ökologischen Fußabdrucks, da dieses für über 50 % des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes verantwortlich ist (vgl. WWF 2014, S. 13; UBA 2007, S. 20). Der Energienutzung kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind seit 1990 zwar schon deutlich zurückgegangen, aber dieser Rückgang ist zu einem Großteil auf die Wiedervereinigung und die damit verbundene drastische Reduktion der Braunkohleverfeuerung in Ostdeutschland zurückzuführen. Mit den Verlagerungen ganzer Produktionszweige ins Ausland wurden zudem auch deren Emissionen in Länder exportiert, in denen weniger strenge Sozial- und Ökologiestandards gelten.<sup>4</sup> Eine der Hauptquellen der klimaschädlichen Emissionen ist die Verbrennung fossiler Energieträger. Eine signifikante Senkung des Primärenergieverbrauchs ist allerdings bisher nicht gelungen. In den Jahren 2014 bis 2017 ist dieser sogar wieder angestiegen. Der Ausbau erneuerbarer Energien, Energie einsparen und Energie effizienter einsetzen sind zentrale Maßnahmen für den Klimaschutz. Der Anteil der erneuerbaren Energien in Deutschland am Bruttoendenergieverbrauch für Strom, Wärme und Verkehr insgesamt stieg im Jahr 2018 auf 16,6 % und näherte sich damit dem verbindlichen Ziel von 18 % im Jahr 2020 gemäß der aktuellen EU-Erneuerbare-Energien-Richtlinie 2009/28/EG – ein weiterer Ausbau ist aber dringend erforderlich. (vgl. UBA 2019b) Die Abkehr von der Verbrennung fossiler Energieträger ist eine vordringlich Maßnahme intergenerationeller Gerechtigkeit, denn

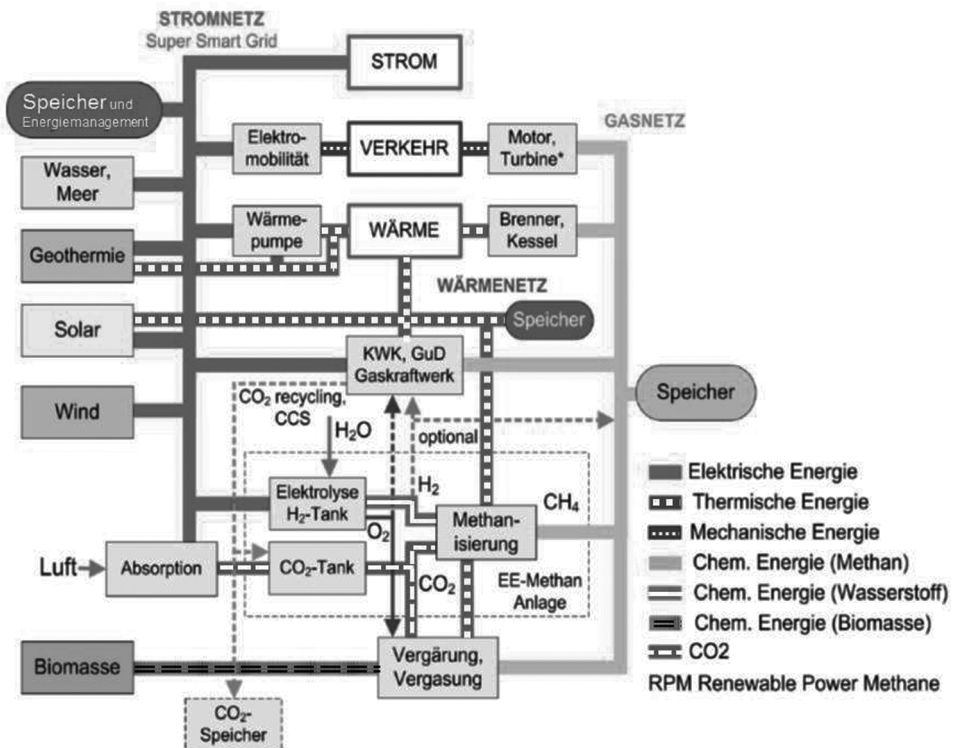
„das kohlenstoffbasierte Weltwirtschaftsmodell ist auch ein normativ unhaltbarer Zustand, denn es gefährdet die Stabilität des Klimasystems und damit die Existenzgrundlagen künftiger Generationen. Die Transformation zur Klimaverträglichkeit ist daher moralisch ebenso geboten wie die Abschaffung der Sklaverei und die Ächtung der Kinderarbeit.“ (WBGU 2011, S. 1)

Die verstärkte Nutzung des mittels Fotovoltaik, Windkraft und Wasserkraft erzeugten Stroms wird nach Expertenmeinung dazu führen, dass künftig auch die Wärmeerzeugung zu einem Großteil mittels elektrischer Wärmepumpen in Kombination mit solarthermischen Anlagen erfolgen wird. Infolge dieser Substitution und der prognostizierten Zunahme der Elektromobilität wird der Stromverbrauch trotz erheblicher Effizienzsteigerungen im Jahr 2050 insgesamt kaum niedriger sein als im Jahr 2005, jedoch wird der Strom dann fast ausschließlich aus regenerativen Quellen gewonnen (vgl. UBA 2010, S. 21). Dazu wird es erforderlich sein, künftig die bisher getrennten Netze für Strom, Wärme und Gas einerseits zur Stromversorgung, zur Wärmebereitstellung und für den Verkehr energetisch zu verknüpfen und andererseits zur Steuerung der Energieflüsse datentechnisch zu „Smart Grids“ auszubauen (Abb. 3). Wenn hierüber Biogas-, Windkraft-, Solar- und andere regenerative Strom-

---

4 Dramatische Folgen der Verlagerungen dieser globalisierten Wirtschaftssysteme sind Hungerlöhne, schlechte Arbeitsbedingungen und Umweltzerstörungen etwa bei Elektrogeräteverschrottung; siehe: <https://germanwatch.org/stichwort/makeitfair> (01.10.2019).

erzeugungsanlagen datentechnisch vernetzt als sogenannte Kombikraftwerke<sup>5</sup> zusammenwirken, können unter Nutzung von Wetterprognosedaten die Stromerträge der Erzeugungsanlagen hinreichend zeit- und gebietsgenau prognostiziert und mit dem tageszeitlich schwankenden Bedarf abgestimmt werden.

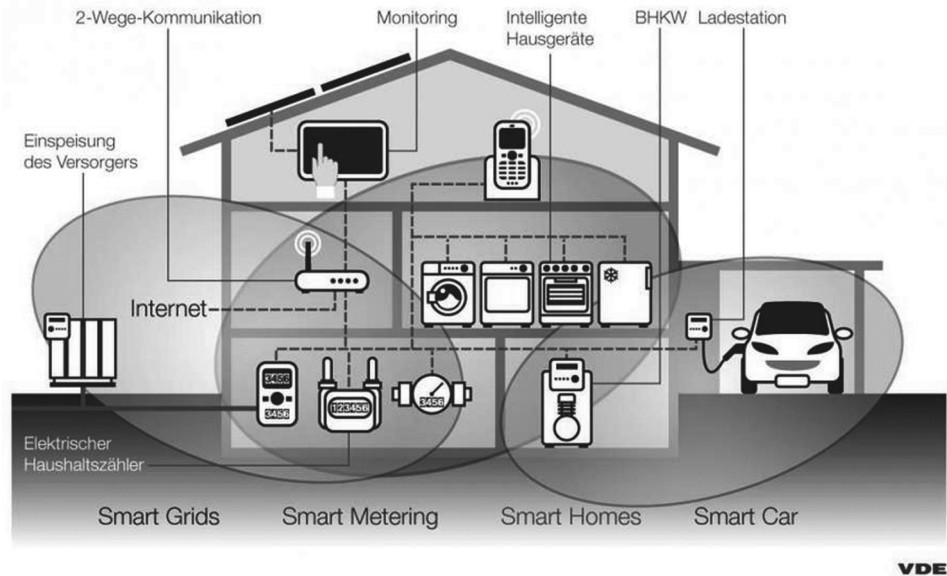


**Abbildung 3:** Strukturaufbau einer 100 % regenerativen Energieversorgung für Strom, Wärme und Verkehr mit Speichern und Netzen für Strom, Wärme und Gas (Sternier & Specht 2010, S. 57)

Zudem können bisherige Energiekonsumenten als Energieproduzenten in die Lage versetzt werden, eigenproduzierten Strom selbst zu nutzen oder ins Netz einzuspeisen bzw. fremderzeugten Strom dann zu gebrauchen, wenn er günstig ist (vgl. Kunze, Müller & Saßning 2012). Dazu bedarf es „Smart Metering“ mittels intelligenter Stromzähler, also dem digitalisierten Messen, Ermitteln und Steuern von Energieverbrauch und -zufuhr. Für die erforderliche datentechnische Vernetzung von Energieerzeugung und -verbrauch im intelligenten Haus (Smart Home) ist mit dem sogenannten EE-Bus ein offener und herstellernerutraler Kommunikationsstandard entwickelt worden, der im Haus installierte Geräte wie Fotovoltaik-Anlagen, Wärmepumpen, Klima- und Kühlgeräte, Wasch- und Spülmaschinen u. a. unabhängig vom Hersteller zu kommunizierenden Einheiten datentechnisch verbinden kann. (Abb. 4)

5 Weitere Informationen sind verfügbar unter: <http://www.kombikraftwerk.de> (01.10.2019).

(vgl. Landwehrmann 2011; BMWi 2017). Allerdings werden dadurch das Nutzungsverhalten und somit persönliche Daten erfassbar. Außerdem ist die Energieversorgung durch die datentechnische Vernetzung auch Gefährdungen bspw. durch Hackerangriffe ausgesetzt.<sup>6</sup>



**Abbildung 4:** Smart Home – intelligente Heimvernetzung für modernes Energiemanagement (VDE)

Für die zukünftige Energieversorgung ist die Digitalisierung einerseits zwingend notwendig, um die erforderliche Steuerung der dezentralen Energieerzeugung und der effizienten Energienutzung gewährleisten zu können. Andererseits kann die zunehmende Digitalisierung aber auch genau das Gegenteil bewirken. Ökonomie und Ökologie werden durch Digitalisierung nicht automatisch versöhnt, denn je mehr Lebensbereiche digital unterstützt werden, umso größer wird der Energiebedarf. Zwar hat sich die Rechnerleistung pro Kilowattstunde etwa alle 1,5 Jahre verdoppelt, zugleich stieg jedoch die Leistungsfähigkeit der Prozessoren und deren Nutzung hat drastisch zugenommen, sodass die Informations- und Kommunikationsgeräte insgesamt sehr viel mehr elektrische Energie benötigen. „Der Stromverbrauch aller Informations- und Kommunikationstechnologien beläuft sich bereits heute auf rund 10 Prozent der weltweiten Stromnachfrage (in Deutschland auf circa 8 Prozent) und könnte bis 2030 auf 30 bis 50 Prozent ansteigen“ (Lange & Santarius 2018, S. 27). Solche Entwicklungen können dazu führen, dass die Erfolge bei der nachhaltigen Umgestaltung des Energieversorgungssystems mithilfe der Digitalisierung durch die Digitalisierung wieder aufgezehrt werden.

<sup>6</sup> Marc Elsberg (vgl. 2012) hat ein solches Szenario kenntnisreich und nachvollziehbar in seinem Roman „Black Out“ beschrieben – ein Buch, das aufgrund seiner aktuellen Technik- und Gesellschaftsbezüge auch für den Deutschunterricht in Beruflichen Schulen sinnvoll einsetzbar ist.



Dies lässt sich am Beispiel selbstfahrender emissionsfreier E-Mobile veranschaulichen, die zwar keine Verbrennungsmotoren mehr haben, aber eine energieintensive Infrastruktur benötigen. Diese Fahrzeuge wählen verbrauchsreduzierend autonom Wegstrecken aus, optimieren den Verkehrsfluss, finden freie Parkplätze und anderes mehr. Dafür müssen enorme Datenmengen verarbeitet werden. Allein für das Scannen der Fahrzeugumgebung wird mit 20 bis 60 Megabyte Datenvolumen je Fahrzeug und Sekunde gerechnet. Ferner erzeugen die Komponenten im Fahrzeug für GPS (Global Positioning System), Radar und Sensoren zur Abstands- und Geschwindigkeitsmessung noch weitere Datenmengen. Selbstfahrende Automobile benötigen zusätzlich auch einen konstanten Datenfluss von außen.

„Die Summe des Datenverkehrs könnte sich ersten groben Abschätzungen zufolge auf 4.000 Gigabyte pro Tag und Fahrzeug summieren. Demnach würden nur zwei Millionen selbstfahrende Autos die gleiche Datenmenge erzeugen, wie heute die Hälfte der Weltbevölkerung. [...] Die Ökobilanz selbstfahrender Autos wird nicht nur durch die Energie und Ressourcen bestimmt sein, die bei Herstellung der Karosserie, Motoren, der digitalen Ausstattung an Bord und natürlich des Treibstoffs oder Ladestroms anfallen, sondern auch vom Aufbau und Betrieb der vor- und nachgelagerten Infrastrukturen und digitalen Dienstleistungen, ohne die sie nicht losfahren können.“ (Lange & Santarius, S. 69 f.; s. a. Bubeck 2016)

Von den Nutzern wird der wachsende ökologische Fußabdruck der Digitaltechnologie deutlich unterschätzt, vermutlich aufgrund der Miniaturisierung der Geräte, der Unsichtbarkeit der verwendeten Infrastrukturen und der Auslagerung von Dienstleistungen in die Cloud – Ursachen dafür, dass die physische Realität der Nutzung kaum mehr wahrnehmbar ist. Ein eindrucksvolles Beispiel liefert Mattke:

„Im kleinen Maßstab verbrauchen zehn Minuten Video-Streaming in HD auf einem Smartphone ebenso viel Energie wie ein Herd mit 2 Kilowatt Leistung, der fünf Minuten lang auf höchster Stufe läuft. Zusammengefasst sind Digitaltechnologien dadurch mittlerweile für 3,7 Prozent der weltweiten Treibhausgas-Emissionen verantwortlich – während auf den zivilen Luftverkehr im Jahr 2018 lediglich 2 Prozent der Emissionen entfielen. Je nach Szenario könnte der Digital-Anteil an den weltweiten Emissionen bis 2025 auf mehr als 8 Prozent steigen, was höher wäre als der aktuelle Anteil von Autos und Motorrädern.“ (Mattke 2019)

Die Digitalisierung wird zu einer zunehmenden Mediennutzung mit immer höheren Datenmengen, zur Steigerung des Warenumsatzes und damit zu einem höheren Energiebedarf (und Rohstoffverbrauch) führen, wenn diese Zusammenhänge nicht bewusst werden und sich das Nutzungsverhalten nicht verändert.

Hier kann Bildung, speziell berufliche Bildung einen wichtigen Beitrag leisten. So ist die Energiewende als Beitrag einer Industrienation zu einer globalen nachhaltigen Entwicklung ohne entsprechend qualifizierte Fachkräfte nicht zu bewerkstelligen. Damit sind zugleich die Aufgaben für die gewerblich-technische Berufsbildung verbunden, die (zukünftigen) Fachkräfte über die Herausforderungen zu informieren, zur Veränderung der Produktionsprozesse, Konsummuster und Lebensstile anzuregen sowie sie zur Mitwirkung am Umbau des Energieversorgungssystems zu befähigen.

## 5 Digitalisierung und berufliche Bildung

Die Jugendlichen, die sich mit ihren „Fridays For Future“-Demonstrationen und Klimastreiks für ihre lebenswerte Zukunft engagieren, fordern ein konsequenteres Umsteuern ein. Dazu bedarf es neben solchem politischen Engagement auch Kompetenzen für die praktische Mitwirkung an den erforderlichen Transformationsprozessen. Die Berufsbildung kann mit ihrem Ansatz der Gestaltungsorientierung einen wirkungsvollen Beitrag zur Lösung der beschriebenen Probleme leisten, wenn sie die Lernenden befähigt, sich nachhaltigkeitsorientierte Handlungsstrategien im beruflichen wie auch im privaten Leben anzueignen als Grundlage für die Mitgestaltung der Arbeitswelt und Gesellschaft in sozialer, ökonomischer, ökologischer und individueller Verantwortung, wie die KMK (vgl. 2018, S. 14) dies als Bildungsziel für die Berufsschule formuliert hat.

Weil die Digitalisierung – wie gezeigt – möglicherweise sogenannte Rebound-Effekte bewirken kann, die die ursprünglich positiven Wirkungen teilweise oder vollständig neutralisieren oder u. U. sogar in das Gegenteil verkehren (vgl. Santarius 2015), ist es sinnvoll, diese in der nachhaltigkeitsorientierten Bildung zu thematisieren, weil die Auseinandersetzung damit ein Bewusstsein schaffen kann für komplexe Wirkungs- und Nebenwirkungszusammenhänge. Es sollte also beachtet werden, ob eine Verbesserung der Ressourceneffizienz von Produkten oder Maßnahmen wirklich zu einer Verringerung des Gesamtverbrauchs führt oder im Gegenteil der Ressourcenverbrauch insgesamt steigt, weil bspw. infolge einer Kostenreduktion von Produkten deren Konsum und Nutzung weiter wächst. Angesichts solcher Effekte wird eine ausschließliche Effizienzstrategie – so wichtig sie auch ist – nur bedingt zum Erfolg führen und das Grundproblem des übermäßigen Naturverbrauchs nicht beseitigen können, zumal der globale Ressourcenbedarf noch durch die nachholende Steigerung des Lebensstandards in den weniger entwickelten Ländern und der auch weiterhin zu erwartenden Zunahme der Weltbevölkerung steigen wird.

Deshalb ist neben einer Steigerung der Effizienz vor allem der Übergang von unserem tradierten Naturverbrauch hin zu einer naturverträglichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe und regenerativer Energien erforderlich. Eine solche naturverträgliche Ausrichtung unserer Ressourcenbasis, bei der es nicht allein um weniger als vielmehr um andere Arten der Ressourcennutzung geht, wird als *Konsistenz* bezeichnet (vgl. Huber 2000, S. 4). Die schnellstmögliche Substitution abiotischer, d. h. nichtnachwachsender Rohstoffe und fossiler Energieträger stellt das vordringlichste ökologische Vorhaben der Zukunftssicherung dar. Ferner ist eine Abkehr von tradierten Mustern des Überkonsums und der Wegwerf-Mentalität erforderlich hin zu einem „nachhaltigen Konsum“, nach dem nur „die wirklich benötigte Menge von etwas“ in Anspruch genommen werden soll. Das richtige Maß zu finden ist verbunden mit dem Begriff *Suffizienz*. Suffizienz, Konsistenz und Effizienz sind grundlegende Elemente einer nachhaltigen Handlungsstrategie.

Diese Begriffe sollten in ihrem Dreiklang auch in der beruflichen Bildung leitend für die Förderung nachhaltigkeitsorientierter Handlungskompetenz werden.

Wenn Auszubildende zur Mitgestaltung der Arbeitswelt und Gesellschaft in sozialer, ökonomischer, ökologischer und individueller Verantwortung befähigt werden sollen, sind allgemeine handlungsleitende Kriterien sinnvoll. Wenn sie eine Vorstellung davon bekommen, wie Suffizienz, Konsistenz und Effizienz als Wegweiser oder – um es mit den Worten des WBGU auszudrücken – als Leitplanken hilfreich für ihre Mitwirkung an der Lösung von „epochaltypischen Schlüsselproblemen“ sind, können sie diese exemplarisch auf unterschiedliche Handlungssituationen anwenden. Um in der gestaltungsorientierten Berufsbildung zur Mitgestaltung befähigen zu können, sollten solche Handlungskriterien mit gesellschaftlichen Nachhaltigkeitszielen auf einer allgemeineren Ebene und mit Handlungssituationen auf einer sehr konkreten Ebene verbunden werden. Das heißt, die Lernenden sollten

1. wissen, zu welchen gesellschaftlichen Problemlösungen sie mit ihrem Handeln beitragen können (Welche Probleme bestehen und welche Lösungen sind denkbar bzw. wünschenswert?);
2. sich Klarheit darüber verschaffen, inwieweit Konsistenz, Suffizienz und Effizienz zur Problemlösung beitragen können (Gibt es natürliche Ressourcen, in welchem Umfang sind diese wirklich erforderlich und wie kann damit ein größtmöglicher Gebrauchswert geschaffen werden?);
3. sich das erforderliche Wissen und Können für die konkreten Handlungen aneignen können (Welche Kenntnisse und Fähigkeiten sowie Informationen, Werkzeuge, Geräte und Maschinen werden für die Problemlösung tatsächlich benötigt?).

Die Umsetzung einer nachhaltigen Handlungsstrategie ist nicht immer vollständig möglich, sondern es können dabei Widersprüche zwischen technischen, ökologischen, sozialen und ökonomischen Gesichtspunkten auftreten, welche die Handelnden mit Dilemma-Situationen konfrontieren, die Entscheidungen erschweren. Es kann – und das liegt in der Natur der Sache – nicht immer nur um „sachlich richtig oder falsch“, um binäres Denken gehen, sondern es gilt, Verantwortung bei notwendigen Kompromissen zu übernehmen. Gerade die Konfrontation mit Widersprüchlichkeiten und Dilemma-Situationen kann in nachhaltigkeitsorientierten Bildungsprozessen Bewusstseinsveränderungen und die individuelle Werteentwicklung sowie die Reflexionsfähigkeit, die Problemlösekompetenz und differenziertes Denken fördern.

Wenn man den vorgenannten Aussagen des WBGU folgt, darf berufliche Bildung nicht nur auf die Funktionsweise der digitalisierten Geräte, Maschinen und Anlagen der Industrie 4.0 fokussiert werden. Begriffe wie Lernen 4.0, Ausbildung 4.0, Azubi 4.0 usw., zu denen es im Internet Unmengen von Einträgen gibt, sind häufig mit einer reduzierten Sichtweise auf das erforderliche Handhabungswissen im Umgang mit digitalen Prozessen im Sinne einer Anpassung an Technik verbunden. Es ist verständlich, wenn beklagt wird, dass die digitale Infrastruktur in den Bildungseinrichtungen unzureichend ist, es dort an guten Internetverbindungen fehlt, teils veraltete Technik zum Einsatz kommt oder die Lehrkräfte für die Digitali-

sierung nicht zeitgemäß aus- oder weitergebildet sind. So berechtigt eine solche Kritik auch sein mag, greift es jedoch viel zu kurz, sich darauf zu beschränken und die Digitalisierung der Beruflichen Schulen bzw. des Unterrichts als *die Lösung* anzusehen. Der Transformationsprozess mit seinen Chancen und Risiken erfordert es vielmehr, dass sich die berufliche Bildung verstärkt auf die Gestaltungsorientierung als Kern ihres Bildungsanspruchs besinnt.

Dieser Ansatz ist – nicht zufällig – in der frühen Phase der Digitalisierung von Produktionssystemen und der Automatisierung von Arbeitsabläufen erarbeitet worden, um einer Verklärung der Arbeitswelt als technologisch determiniert in der Berufsbildung entgegenzuwirken. Nach diesem Verständnis ist Bildung nicht in Abhängigkeit einer sich selbstständig entwickelnden Technik zu verstehen, sondern es bedarf der kritisch-konstruktiven Auseinandersetzung mit dem zugrunde liegenden Zweck-Mittel-Zusammenhang von Technik, der immer eine Einheit des technisch Möglichen und des sozial Wünschbaren (oder Nicht-Wünschbaren) repräsentiert. Gestaltungsorientierte Berufsbildung sollte demnach die reale Technik sowohl in ihrem Funktionieren als auch in Bezug auf ihre gesellschaftliche Funktion begreifbar machen: „Die Befähigung zur (Mit)Gestaltung von Technik umfaßt [...] vor allem die Fähigkeit, erklären zu können, *warum* sie diese und keine andere Gestalt hat, wie sie in ihren vielfältigen Wechselverhältnissen zur Natur und zur gesellschaftlichen Arbeit und vor allem in bezug auf ihren gesellschaftlichen Nutzen zu *bewerten* ist“ (Rauner 1988, S. 41; Hervorh. i. Orig.). Dies zielt darauf ab, bei den Auszubildenden ein Verständnis für die prinzipielle Gestaltbarkeit von Technik zu fördern und zum Erkennen des Beziehungsgefüges Mensch-Technik-Umwelt anzuleiten.

Aktuell kann man allerdings den Eindruck gewinnen, dass die Technik der Digitalisierung oder der Industrie 4.0 sowie deren Anforderungen die berufspädagogische Diskussion in den gewerblich-technischen Fachrichtungen einseitig dominiert. Wenn aber die Lernenden „zur Erfüllung der Aufgaben im Beruf sowie zur nachhaltigen Mitgestaltung der Arbeitswelt und der Gesellschaft in sozialer, ökonomischer, ökologischer und individueller Verantwortung“ befähigt werden sollen (KMK 2018, S. 14), bedarf es der Auseinandersetzung mit persönlichen und gemeinschaftlichen Beiträgen zur Lösung „epochaltypischer Schlüsselprobleme unserer Gegenwart und der vermutlichen Zukunft“ (Klafki 2007, S. 56). Hiervon ausgehend müssen die Lernenden in die Lage versetzt werden, ihr berufliches und privates Handeln in solchen Zusammenhängen zu sehen, indem sie sich als Lösung solcher Probleme sehen und damit eine positive Identität entwickeln können. In diesem Sinne verantwortlich mitzuwirken, erfordert, dass die Lernenden sich mit den verfügbaren Informationen über Problemlösungen auseinandersetzen und die damit verbundenen widersprüchlichen Gesichtspunkte abwägen können.

Dies bedarf einer Integration beruflich-fachlicher und gesellschaftlich-politischer Lerninhalte und hat zur Konsequenz, dass in der beruflichen Bildung nicht vorrangig technische Sachverhalte die Inhaltsauswahl und die Lernprozesse dominieren, sondern die Technik-, Arbeits-, Gesellschafts- und Subjektbezüge integrativ verbunden werden (vgl. Petersen 1994, S. 251 ff.). In den Bildungseinrichtungen ist

neben den Fragen der digitalen Infrastruktur vor allem zu klären, wie ein integrativer Unterricht realisiert werden kann, der die notwendigen beruflich-technischen Inhalte mit den gesellschaftspolitischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten verknüpft, um schließlich in einem solchen interdisziplinären Verständnis die Lehrkräfte für die Digitalisierung fortzubilden.

## **6 Ausblick – Berufsarbeit und Beschäftigung in der digitalisierten Welt**

In diesem Beitrag konnte nur auf einige wenige Aspekte der anstehenden Transformation und der Chancen und Risiken der Digitalisierung eingegangen werden. Es sollte deutlich geworden sein: Der Ressourcenverbrauch muss vor allem in den Industrieländern reduziert werden, um die Lebensgrundlagen für künftige Generationen zu erhalten und den ärmeren Ländern ihre Entwicklungsperspektiven nicht zu verstellen. Mit dem Designkonzept „Cradle to Cradle“ und der Suffizienz, Konsistenz und Effizienz verknüpfenden Handlungsstrategie sind nachhaltige Entwicklungsoptionen aufgezeigt. Gewerblich-technische Fachkräfte können (und müssen) hierfür Mitverantwortung übernehmen, indem sie notwendige Veränderungen in der Industrieproduktion und der Handwerksarbeit konkret umsetzen.

Ein Ziel beruflicher Bildung muss es daher sein, sie hierfür zu befähigen und der „Fridays For Future“-Generation ein Betätigungsfeld der Zukunftsgestaltung nahezubringen. Für die anstehenden gesellschaftlichen Veränderungen ist der Fachkräftemangel ein großes Problem. Daher ist es auch eine wichtige Zukunftsaufgabe, gewerblich-technische Berufsarbeit für die Jugendlichen wieder attraktiver zu machen. Und wenn dies gelingt, wird es auch noch spannend werden, welche kognitiven und motorischen Fähigkeiten und Lerngewohnheiten Jugendliche künftig für eine Ausbildung mitbringen, wenn sie schon vom frühen Kindesalter an mit digitalen Medien aufwachsen und sich zunehmend mehr mit virtuellen als mit realen Welten auseinandersetzen.<sup>7</sup> Des Weiteren ist noch nicht wirklich absehbar, wie sich die gewerblich-technische Berufsarbeit durch den Einfluss der Digitalisierung oder Industrie 4.0 sowohl quantitativ als auch qualitativ verändern wird und welche Konsequenzen sich daraus für die berufliche Bildung ergeben: „Für die vierte Industrialisierungswelle stehen die endgültigen Antworten für Gestaltungsalternativen in der beruflichen Erstausbildung und Weiterbildung noch aus. Es ist jedoch naheliegend, die arbeitsprozessbezogenen Ansätze weiter zu verfolgen, weil damit betriebliche, Gestaltungsoffenheit und eine moderne Beruflichkeit bei der Ausgestaltung der Berufsbilder möglich ist“ (Spöttl & Windelband 2019, S. 21). Es bedarf also noch der weiteren kritischen berufswissenschaftlichen Forschung unter zentraler Einbeziehung nachhaltigkeitsorientierter Fragestellungen, um weitere Antworten zu finden.

---

7 Mit Blick auf digitale Medien im frühen Kindesalter und deren Einfluss auf die Entwicklung der Kinder gibt es kontroverse Standpunkte (vgl. Aufenanger 2017, S. 17 und Lembke 2017, S. 18).

## Literatur

- Aufenanger, S. (2017): Pro & Contra: Tablets im Kindergarten? In: DJI Impulse – Das Forschungsmagazin des Deutschen Jugendinstituts, Heft 3/2017, S. 16–18.
- Bierwirth, S. (2016): Einführung. Was ist Cradle to Cradle? In: Good Impact v. 18.02.2016. Verfügbar unter: <https://goodimpact.org/magazin/was-ist-cradle-cradle> (Zugriff am 01.10.2019).
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) (2016): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II. Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Verfügbar unter: [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pools/Broschueren/progress\\_ii\\_broschuere\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/progress_ii_broschuere_bf.pdf) (Zugriff am 01.10.2019).
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) (2017): Smart Service Welt Innovationsbericht 2017. Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm. Verfügbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/smart-service-welt-innovationsbericht.pdf> (Zugriff am 01.10.2019).
- Boeing, N. (2012): Recycling – aber richtig. In: Zeit-Online v. 04.12.2012. Verfügbar unter: <https://www.zeit.de/zeit-wissen/2013/01/Cradle-to-Cradle-Recycling-Abfall> (Zugriff am 01.10.2019).
- Braungart, M. (2018): Besser als Recycling. Kompostierbare T-Shirts, erneuerbare Waschmaschinen – wie Cradle-to-Cradle den Konsum revolutionieren könnte. Interview mit Michael Braungart in: deutschland.de v. 01.11.2018. Verfügbar unter: <https://www.deutschland.de/de/topic/umwelt/cradle-to-cradle-statt-recycling-das-sind-die-vorteile> (Zugriff am 01.10.2019).
- Braungart, M. & McDonough, W. (2014): Einfach intelligent produzieren. Cradle to Cradle: Die Natur zeigt wie wir Dinge besser machen können. München: Piper.
- Bubeck, S. (2016): Ein selbstfahrendes Auto erzeugt 4.000 Gigabyte Daten am Tag. In: GIGA.de vom 08.12.2016. Verfügbar unter: <https://www.giga.de/unternehmen/intel/news/ein-selbstfahrendes-auto-erzeugt-4.000-gigabyte-daten-am-tag/> (Zugriff am 01.10.2019).
- Elsberg, M. (2012): Black Out. Morgen ist es zu spät. München: blanvalet.
- Huber, J. (2000): Industrielle Ökologie. Konsistenz, Effizienz und Suffizienz in zyklusanalytischer Betrachtung. In: Simonis, U. E. (Hg.), Global Change. Baden-Baden: NOMOS. Verfügbar unter: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ss0ar-121622> (Zugriff am 01.10.2019).
- Klafki, W. (2007): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. Weinheim/Basel: Beltz.
- KMK (Kultministerkonferenz) (2018): Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. Verfügbar unter: [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2011/2011\\_09\\_23-GEP-Handreichung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2011/2011_09_23-GEP-Handreichung.pdf) (Zugriff am 01.10.2019).

- Kunze, C., Müller, A. & Saßning, D. (2012): „Smart Grids“ für die Stromversorgung der Zukunft. Optimale Verknüpfung von Stromerzeugern, -speichern und -verbrauchen. In: *Renews* Nr. 58 v. Juni 2012. Verfügbar unter: [http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/161.58\\_Renews\\_Spezial\\_Smart\\_Grids\\_jun12online.pdf](http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/161.58_Renews_Spezial_Smart_Grids_jun12online.pdf) (Zugriff am 01.10.2019).
- Landwehrmann, T. (2011): EE-Bus vernetzt Energiewirtschaft mit dem smarten Konsumenten. In: *building & automation* 4/2011, S. 18–21.
- Lange, S. & Santarius, T. (2018): *Smarte grüne Welt? Digitalisierung zwischen Überwachung, Konsum und Nachhaltigkeit*. München: Oekom.
- Lembke, G. (2017): Pro & Contra: Tablets im Kindergarten? In: *DJI Impulse – Das Forschungsmagazin des Deutschen Jugendinstituts*, Heft 3/2017, S. 16–18.
- Mattke, S. (2019): Wie Digitalisierung das Klima belastet. In: *Technology Review* v. 19.03.2019. Verfügbar unter: <https://www.heise.de/tr/artikel/Wie-Digitalisierung-das-Klima-belastet-4339249.html> (Zugriff am 01.10.2019).
- Meadows, D. L., Meadows, D. H., Zahn, E. & Milling, P. (1972): *Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit*. Stuttgart: DVA 1972.
- Petersen, W. (1994): Didaktik der Elektrotechnik. Ein Neuansatz zur Rahmenlehrplangestaltung für den berufsbezogenen Unterricht. In: Kipp, M., Neumann, G. & Spreth, G. (Hg.), *Kasseler berufspädagogische Impulse. Festschrift für Helmut Nölker*. Frankfurt a. M.: Gesellschaft zur Förderung arbeitsorientierter Forschung und Bildung, S. 251–278.
- Rauner, F. (1988): Die Befähigung zur (Mit)Gestaltung von Arbeit und Technik als Leitidee Beruflicher Bildung. In: Heidegger, G., Gerds, P. & Weisenbach, K. (Hg.): *Gestaltung von Arbeit und Technik – ein Ziel beruflicher Bildung*. Frankfurt a. M./New York: Campus, S. 32–50.
- Santarius, T. (2015): *Der Rebound-Effekt. Ökonomische, psychische und soziale Herausforderungen für die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch*. Marburg: Metropolis.
- Spöttl, G. & Windelband, L. (2019): Einleitung. In: Spöttl, G. & Windelband, L. (Hg.), *Industrie 4.0. Risiken und Chancen für die Berufsbildung*. Bielefeld: wbv Media, S. 11–24.
- Sterner, M. & Specht, M. (2010): Erneuerbares Methan. Eine Lösung zur Integration und Speicherung Erneuerbarer Energien und ein Weg zur regenerativen Vollversorgung. In: *Solarzeitalter* 1/2010, S. 51–58.
- UBA (Umweltbundesamt) (2007): *Wissenschaftliche Untersuchung und Bewertung des Indikators „Ökologischer Fußabdruck“*. Forschungsbericht 363 01 135/UBA-FB 001089. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3486.pdf> (Zugriff am 01.10.2019).
- UBA (Umweltbundesamt) (2010): *Energieziel 2050: 100 % Strom aus erneuerbaren Quellen*. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/energieziel\\_2050.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/energieziel_2050.pdf) (Zugriff am 01.10.2019).

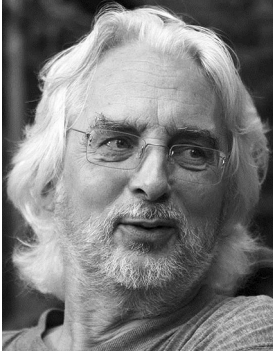
- UBA (Umweltbundesamt) (2016): Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Bericht für Deutschland 2016. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/deuress16\\_bericht\\_de\\_web\\_f.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/deuress16_bericht_de_web_f.pdf) (Zugriff am 01.10.2019).
- UBA (Umweltbundesamt) (2019a): Earth Overshoot Day 2019: Ressourcenbudget verbraucht. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/earth-overshoot-day-2019-ressourcenbudget> (Zugriff am 01.10.2019).
- UBA (Umweltbundesamt) (2019b): Bilanz 2018: Anteil erneuerbarer Energien steigt auf 16,6 Prozent. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/print/71535> (Zugriff am 01.10.2019).
- UBA – Umweltbundesamt (2019c): Primärenergieverbrauch. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/print/12371> (Zugriff am 01.10.2019).
- Vollmer, Th. (2018): Neue Werkstoffe – Chancen für eine nachhaltige Technikgestaltung? In: Lernen & Lehren, Heft 13 (4/2018), S. 153–160.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderung) (2011): Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Hauptgutachten. Berlin. Verfügbar unter: [https://www.wbgu.de/fileadmin/user\\_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2011/pdf/wbgu\\_jg2011.pdf](https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2011/pdf/wbgu_jg2011.pdf) (Zugriff am 01.10.2019).
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2019): Unsere gemeinsame digitale Zukunft. Verfügbar unter: <https://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/unsere-gemeinsame-digitale-zukunft> (Zugriff am 01.10.2019).
- WWF (World Wildlife Fund For Nature) (2014): Living Planet Report 2014. Kurzfassung. Verfügbar unter: [http://mobil.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF\\_LPR2014\\_Kurzfassung.pdf](http://mobil.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_LPR2014_Kurzfassung.pdf) (Zugriff am 01.10.2019).
- Zeidler, H. (2019): „Additive Fertigungsverfahren“ im Unterricht berufsbildender Schulen. In: Vollmer, Th., Jaschke, S., Hartmann, M., Mahrin, B. & Neustock, U. (Hg.), Gewerblich-technische Berufsbildung und Digitalisierung. Praxiszugänge – Unterricht und Beruflichkeit. Bielefeld: wbv Media, S. 21–29.

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Globaler Erderschöpfungstag 1970 bis 2019 .....	21
Abb. 2	Geschlossene Materialkreisläufe nach dem Designansatz „Cradle to Cradle“ („von der Wiege bis zur Wiege“) .....	22
Abb. 3	Strukturentwurf einer 100 % regenerativen Energieversorgung für Strom, Wärme und Verkehr mit Speichern und Netzen für Strom, Wärme und Gas ..	25
Abb. 4	Smart Home – intelligente Heimvernetzung für modernes Energiemanagement .....	26



## Autor



Thomas Vollmer war Professor für Berufliche Bildung und Didaktik der Fachrichtungen Elektro- und Metalltechnik am Institut für Berufs- und Wirtschaftspädagogik der Universität Hamburg und ist Vorsitzender BAG ElektroMetall e. V.,  
vollmer@bag-elektrometall.de



# Nachhaltigkeitsorientiertes Fachkräftehandeln im Kontext einer Green Economy und zunehmender Digitalisierung

STEFAN NAGEL

## Abstract

Industrielle Metallberufe werden zunehmend mit den Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung und den damit verbundenen Ansätzen unternehmerischer Gesellschaftsverantwortung (Corporate Social Responsibility, CSR) konfrontiert. Damit einhergehend erfolgt ein sukzessives „Greening der Berufe“, welches die gesamte Arbeitswelt und die damit verbundenen Berufsstrukturen betrifft. Gleichzeitig sorgen Fachkräfte in ihrem Arbeitsumfeld aufgrund voranschreitender Digitalisierung für eine digitale Systembildung (Industrie 4.0), die augenscheinlich in einem antinomischen Gefüge zur nachhaltigen Entwicklung steht. Dieser Beitrag nimmt diese Entwicklungen auf, setzt sich mit dem nachhaltigen beruflichen Handeln in industriellen Metallberufen auseinander und veranschaulicht anhand empirischer Fallbeispiele, wie Fachkräfte Ansätze der Digitalisierung und der nachhaltigen Produktion synergetisch zusammenbringen, um Umweltentlastungspotenziale auszuschöpfen.

Industrial metal workers are increasingly confronted with the demands of sustainable development and the related approaches of corporate social responsibility (CSR). This is accompanied by a gradual “greening of the occupations” which affects the whole working world and the associated occupational structures. In addition to sustainable work tasks, skilled workers also create digital systems (Industry 4.0) which seems to contrast with sustainable development. This paper is dedicated to a multidimensional analysis with the sustainable acting of industrial workers (industrial mechanics) and exemplifies on the basis of empirical case studies how skilled workers synergize approaches of digitization and sustainable production in order to improve the sustainability of companies.

## 1 Ausgangslage

Die normative und regulative Leitidee einer nachhaltigen Entwicklung erfährt sowohl im gesamtgesellschaftlichen Diskurs als auch in Unternehmen und damit korrespondierend in den Domänen der Fachkräfte eine zunehmende Relevanz. Dies gilt auch für den industriellen Sektor und die dort angesiedelten industriellen Metallberufe. Die Bedeutung nachhaltiger Produktions- und Konsumstrukturen resultiert da-

bei in erster Linie nicht aus einem altruistischen oder gar eudaimonistischen Gesinnungswandel. Vielmehr entstehen als Konsequenz politischer und gesellschaftlicher Forderungen Konzepte zur konstruktiven Begegnung globaler Umweltveränderungen auf der Ebene von Geschäfts- und Arbeitsprozessen, die mit Aufgabenveränderungen und -erweiterungen im konkreten Fachkräftehandeln einhergehen.

Konzepte zur Begegnung anthropozentrisch verursachter Schädigungen des Ökosystems rekurren dabei auf zwei unterschiedlichen Gestaltungspfaden: „*One is to make growth sustainable; the other is to make degrowth stable*“ (Jackson 2009, S. 128). Die Ausrichtungen der europäischen Wachstumsstrategie „Europa 2020“ und der „Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie 2016“ weisen darauf hin, dass sowohl auf europäischer Ebene als auch in Deutschland der Ansatz eines nachhaltigen Wachstums verfolgt wird. Um einen derartigen Transformationsprozess zielgerichtet voranzutreiben, bestehen mit der Agenda 2030 die 17 „Ziele für nachhaltige Entwicklung“ (Sustainable Development Goals, SDGs). Ziele wie die Sicherstellung „nachhaltiger Konsum- und Produktionsmuster“ (SDG 12) verdeutlichen die Tragweite des forcierten Transformationsprozesses für Unternehmen, der dazugehörigen Facharbeit und die damit verbundene berufliche Bildung. Vor diesem Hintergrund als auch durch die einhergehende Verschärfung von Umweltgesetzen, veränderte Anforderungen durch Stakeholder bis hin zu ökologisch-ökonomischen Synergieeffekten durch einen „Business Case of Sustainability“ (vgl. Schaltegger & Lüdeke-Freund 2012) ist es naheliegend, dass Nachhaltigkeit zu den prospektiven Top-Themen in den Unternehmen zählt (oekom research 2017, S. 20).

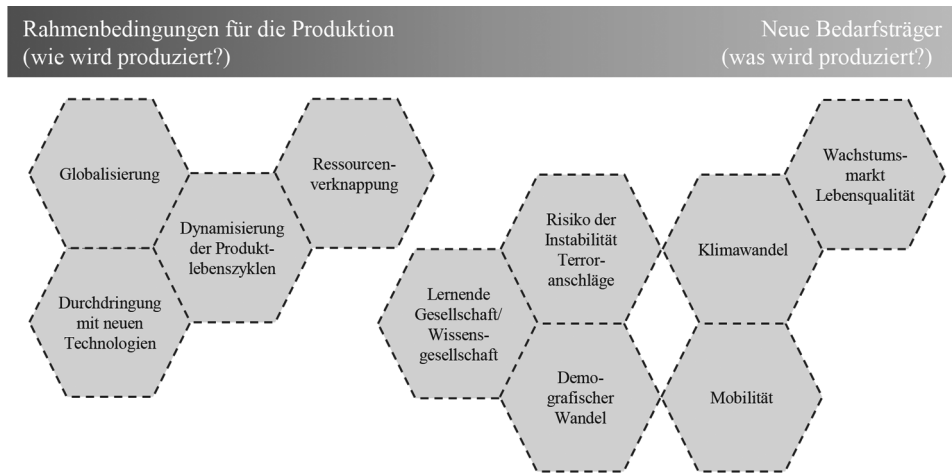
Betriebe sind offenkundig mit veränderten Ansprüchen konfrontiert, von denen nicht nur Großkonzerne, sondern ebenso kleine und mittlere Unternehmen betroffen sind. Die Arbeitswelt gilt dabei für die nachhaltige Entwicklung als ein „kritischer Ort“ (Schütt-Sayed & Vollmer 2017, S. 85). Durch Facharbeit werden Materialien und Energien verbraucht oder umgewandelt, Emissionen und Abfälle erzeugt und Produkte in immer kürzeren Innovationszyklen entwickelt und produziert. Gleichzeitig gilt die Arbeitswelt aber auch als ein prosperierendes Feld für die Entwicklung und Umsetzung umwelt- und sozialverträglicher Innovationen zur Etablierung einer nachhaltigen Transformation. Facharbeit im Berufsfeld Metalltechnik findet sich dementsprechend zwischen der unweigerlichen Teilhabe an ressourcenverbrauchenden und emissionserzeugenden Wertschöpfungsprozessen und der Schaffung nachhaltiger Gebrauchswerte wieder. Damit Fachkräfte in diesem Spannungsfeld der Berufsarbeit einen konstruktiven Beitrag zur Umsetzung der SDGs leisten können, besteht die Notwendigkeit bereits frühzeitig Lernende zur Umsetzung nachhaltiger Handlungsweisen sowohl in berufsbezogenen Arbeitsprozessen als auch in gesellschaftlichen und privaten Situationen zu befähigen. Dazu ist insbesondere in der beruflichen Bildung eine domänenspezifische Auseinandersetzung mit nachhaltigkeitsbezogenen Arbeitsaufgaben, Handlungsstrategien und -möglichkeiten sowie den dazu erforderlichen Kompetenzen erforderlich, die eine kritische, berufsnahe und arbeitsprozessorientierte Gestaltung einer beruflichen Bildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE) ermöglicht.

## 2 Greening der (industriellen) Facharbeit im Kontext der großen Transformation

Die Verankerung einer nachhaltigen Entwicklung auf unterschiedlichen Ebenen beruflicher Bildung – sei es durch die Anpassung der Ordnungsmittel, die Etablierung nachhaltiger Lernorte oder die Entwicklung didaktischer Ansätze zur Förderung nachhaltigkeitsorientierter Handlungskompetenz (vgl. Kuhlmeier und Vollmer 2018) – wird sowohl durch praxisorientierte und berufsbildungsspezifische Modellversuchsreihen des BIBB (vgl. Kuhlmeier et al. 2014) als auch durch bildungsbereichsübergreifende Ansätze wie den „Nationalen Aktionsplan Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (vgl. NP BnE 2017) vorangetrieben.

Das Bestreben einer umfassenden Integration des Komplexes „Nachhaltigkeit“ in die berufliche Bildung beruht dabei weniger auf normativ-heuristischen Entscheidungen oder humanistischen Bildungsidealen, sondern vielmehr auf der Notwendigkeit, Auszubildende umfassend auf die Herausforderungen real-betrieblicher Handlungssituationen vorzubereiten, denn industrielle Metallberufe sind bereits heute von der Leitidee einer nachhaltigen Entwicklung und den damit verbundenen Ansätzen unternehmerischer Gesellschaftsverantwortung geprägt. Die mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit gekennzeichneten **Einflussfaktoren der Produktion** verdeutlichen die Entwicklung. Der überwiegende Anteil der Einflussfaktoren weist vielfältige Nachhaltigkeitsbezüge auf, welche die Facharbeit zunehmend prägen (Abb. 1). Auszubildende müssen deshalb in die Lage versetzt werden, gesellschaftliche und unternehmerische Nachhaltigkeitsziele durch konkretes und domänenbezogenes Handeln umzusetzen und mitzugestalten. Als Folge entsteht der bildungstheoretische Anspruch, berufsbezogenes Wissen und Können mit einer handlungsfeldübergreifenden Reflexionsfähigkeit zu kombinieren, die ihrerseits auf das konkrete berufliche, gesellschaftliche und private Handeln rückwirkt.

Die konstruktive Begegnung der überwiegenden Anzahl der Einflussfaktoren erfordert eine verantwortungsvolle, verträgliche und dauerhaft tragfähige Wirtschaftsweise, die auf das problemlösende und gestalterische Potential ganzheitlicher Facharbeit angewiesen ist, um den – in Klafkis Worten – bestehenden epochaltypischen Schlüsselproblemen zu begegnen. Eine derartige Wirtschaftsweise, die sich insbesondere auf ökologische und ökonomische Synergieeffekte durch veränderte Produktionsstrukturen beruft, wird spätestens seit der Konferenz der Vereinten Nationen über nachhaltige Entwicklung von 2012 unter dem Begriff einer „Green Economy“ subsumiert. Der damit einhergehende Prozess des „Greenings“ geht über die Grenzen technologischer Innovationen, nachhaltiger Produkte oder den Einsatz ressourcenschonender Fertigungsverfahren hinaus und hat einen grundlegenden qualitativen und quantitativen Wandel in der Arbeitswelt zur Folge. Durch die Entstehung und Umgestaltung von Arbeitsplätzen verändern sich nicht nur die zugehörigen Arbeitsaufgaben und -gegenstände, sondern es verändert sich auch die Qualität von Arbeit. Das Greening betrifft dabei nicht nur einzelne innovative Sektoren, sondern die gesamte Volkswirtschaft und die damit verbundenen Arbeitsplätze und Berufsstrukturen (vgl. Graf & Reuter 2017, S. IV ff.).



**Abbildung 1:** Einflussfaktoren auf die Produktionsarbeit (in Anlehnung an: Abele, E. & Reinhart, G. 2011, S.10)

Die sukzessive Zunahme von nachhaltigkeitsbezogenen Anforderungen und Aufgaben in der Facharbeit wird damit einhergehend auch als „Greening der Berufe“ bezeichnet (vgl. Graf & Reuter 2017, S. 52). Die Termini „Greening der Berufe“ und „Green Jobs“ werden oft synonym verwendet, unterscheiden sich aber hinsichtlich ihres Deutungsgehalts. Green Jobs lassen sich hinsichtlich einer Output- und einer Prozessorientierung unterscheiden. Als outputorientiert gelten Beschäftigungsverhältnisse in Unternehmen, die durch das Herstellen von Produkten oder Dienstleistungen umweltfreundliche Güter als Arbeitsgegenstand haben (z. B. Herstellung oder Montage von Fotovoltaikanlagen). Bei der Prozessorientierung werden Beschäftigungen subsumiert, deren primäre Leistungserbringung in der Verbesserung der Nachhaltigkeits- bzw. Umweltbilanz liegt (z. B. Energie- und Materialmanager) (vgl. ILO 2012, S. 7). Das Greening der Berufe weist dagegen tendenziell einen stärker integrativ geprägten Charakter auf und bezieht sich auf originäre Berufsbilder, die eine nachhaltigkeitsorientierte Akzentuierung in den Arbeitsaufgaben und -gegenständen erfahren (vgl. Graf & Reuter 2017, S. 4 ff.).

Auch wenn die bestehenden Ordnungsmittel für industrielle Metallberufe explizite Nachhaltigkeitsbezüge bestenfalls rudimentär aufweisen, sind beide Arten des arbeitsbezogenen Greenings in den Unternehmen vorzufinden, wenn auch in unterschiedlicher Ausprägung. Zwar ist die Entwicklung noch nicht vollkommen absehbar, dennoch lässt sich feststellen, dass für die Bewältigung nachhaltigkeitsbezogener Arbeitsaufgaben, wie die verträgliche Um- und Mitgestaltung von Produkten oder Produktions- und Unterstützungsprozessen, in erster Linie keine neuen Berufsbilder erforderlich sind, sondern vielmehr zusätzliche und veränderte Kompetenzen (ebd. 2017, S. 50 ff.). Mertineit (2013, S. 34) kommt komplementär zu dem Schluss, dass die „Aufstockung“ vorhandener Qualifikationen und die Kombination von beruflichen Kompetenzen mit fachübergreifenden ökologischen Kompetenzen

(wie ressourceneffizientes Arbeiten) relevant für die Umsetzung einer nachhaltigen Unternehmensausrichtung ist und nicht „grüne Spezialqualifikationen“ oder gar der Ausbau grüner Berufe.

### 3 Nachhaltigkeitsbezogenes Handeln im Berufsfeld Metalltechnik

Nachhaltigkeitsbezogenes berufliches Handeln im industriellen Kontext trägt konkludierend dazu bei, die Nachhaltigkeitspolitik von Unternehmen umzusetzen, das Konzept einer Green Economy voranzutreiben und einen individuellen sowie eigenverantwortlichen Beitrag zur Umsetzung der SDGs zu liefern. Weniger linear und paradigmatisch lässt sich allerdings die zusammenhängende Frage beantworten,

- welche *Zieldimensionen* nachhaltigkeitsbezogenes berufliches Handeln im industriellen Wertschöpfungsprozess aufweist,
- welche *funktionalen Komponenten* nachhaltigkeitsbezogenes Handeln auf Performanzebene kennzeichnet,
- wie sich diese äußern und reziprok mit *strukturellen Komponenten* von Kompetenz wechselwirken,
- welche *Formen* nachhaltiges berufliches Handeln annehmen kann,
- wie das Handeln innerhalb der *Wertschöpfungskette* zum Tragen kommt, in welchem *betrieblichen Kontext* es eingebunden ist und
- welche *Arten von Technologien* die Arbeitsgegenstände von nachhaltiger Facharbeit (exemplarisch des/der Industriemechanikers/-in) kennzeichnen.

#### 3.1 Handlungen zur Erzielung nachhaltigkeitsverträglicher Gebrauchswerte

Zunächst einmal dienen nachhaltigkeitsbezogene Handlungen in industriellen Produktionsunternehmen oder im Rahmen zuordenbarer gewerblich-technischer Dienstleistungen der Erzeugung und Aufrechterhaltung **nachhaltigkeitsverträglicher Gebrauchswerte**. Der Gebrauchswert bezeichnet in der Arbeitswerttheorie die gesellschaftliche oder individuelle Nützlichkeit eines Gutes im Unterschied zu seinem Tauschwert. Ein nachhaltigkeitsverträglicher Gebrauchswert weist in seiner Nützlichkeit demzufolge eine vergleichsweise hohe Vereinbarkeit mit den Nachhaltigkeitsdimensionen (Ökologie, Ökonomie und Soziales) auf und trägt in unterschiedlicher Ausprägung zur dauerhaften Schonung bzw. zum Erhalt natürlicher Lebensgrundlagen bei.

Nachhaltigkeitsverträgliche Gebrauchswerte, die im Kontext industrieller Facharbeit geschaffen oder deren Funktionen aufrechterhalten, wiederhergestellt oder optimiert werden, charakterisieren sich durch Repräsentationen der Domäne in Form unterschiedlicher Handlungsgegenstände (vgl. Tab. 1 und Pfeiffer 2004). Diese können gegenständlich, abstrakt materialisiert oder auch in Form von Konzepten und Strategien, hinsichtlich bestehender oder geplanter Gebrauchswerte, Gegenstand und Ergebnis nachhaltigkeitsbezogener Facharbeit sein.

**Tabelle 1:** Beispiele nachhaltigkeitsverträglicher Gebrauchswerte im industriellen Produktionsumfeld

Repräsentationen der Domäne	Nachhaltigkeitsverträgliche Gebrauchswerte
Gegenständlichkeit	Fotovoltaikanlagen, Blockheizkraftwerke, Abgasreinigungsanlagen, hocheffiziente Elektromotoren und Pumpen, effiziente Leuchtmitteltechnik, Messeinrichtungen, Wärmerückgewinnungsanlagen, Filtereinheiten, Arbeitsschutzeinrichtungen etc.
Abstrakte Materialisation	Optimierte Bahnführungen (NC-Programmierung), bedarfsorientierte Energie- und Materialströme von Produktionsanlagen, Konfiguration intelligenter übergeordneter Steuerungen, Monitoring von Anlagenzuständen und Verbräuchen etc.
Konzepte/Strategien	Retrofit und Optimierung von technischen Systemen, Aufarbeitung bzw. Refabrikation und Wiederverwendung von Alteilen, Anlagenvernetzung für ein quantifiziertes Energiemanagement und verbrauchsarmer Steuerung/Regelung, nachhaltige Produktgestaltung, verwendungsarmer Umgang mit Hilfs- und Betriebsstoffen, Lösungsansätze im Kontext des betrieblichen Vorschlagwesens, vorausschauende Instandhaltung etc.

### 3.2 Funktionale Komponenten nachhaltigkeitsbezogenen Handelns

Nachhaltigkeitsverträgliche Gebrauchswerte lassen sich im Sinne einer Arbeitsprozessorientierung als das Handlungsergebnis eines nachhaltigkeitsbezogenen Arbeitsprozesses verstehen. Sie erklären allerdings nicht, welche **funktionalen Komponenten** bzw. Entitäten der Kompetenz als konstituierend für nachhaltigkeitsbezogenes Facharbeiterhandeln gelten. Anhaltspunkte zur Entschlüsselung der in der Facharbeit inkorporierten Handlungen bietet die Auseinandersetzung mit dem Kompetenzbegriff selbst, da weithin Konsens darüber herrscht, dass eine nachhaltigkeitsbezogene Arbeitsprozessgestaltung berufsbezogene Kompetenzen erfordert. Die in der einschlägigen Literatur weitestgehend anerkannte Definition von Kompetenzen beschreibt diese als

„die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert, 2001, S. 27).

Die in der Definition auszumachenden strukturellen Komponenten ermöglichen über zugehörige Transfermerkmale die Identifikation funktionaler Komponenten beruflicher Handlungen, die analytisch unter den Entitäten **Wissen**, **Können** und **Wollen** greifbar sind. Dadurch, dass berufliches Handeln in der Domäne stets situiert und in einem betrieblichen Kontext eingebunden ist (vgl. Becker 2010), sind Fachkräfte abseits kognitionsdominanter Vorstellungen mit mehr oder weniger restriktiven Handlungsmöglichkeiten konfrontiert. Fachkräfte müssen in definierten Handlungsfreiräumen auch nachhaltigkeitsbezogen handeln **dürfen**, um Umweltentlastungspotenziale auszuschöpfen. Die genannten Entitäten decken sich weitestgehend mit den Modellvorstellungen von Becker (vgl. 2010, S. 56) und dem Verständnis einer Handlung als Wechselwirkungsprodukt zwischen Dispositionen bzw. Befähigungen und Handlungsausführung im definierten Handlungsraum (vgl.



Straka und Macke 2009). Die funktionalen Komponenten der performativen Dimension beruflichen Handelns gelten heuristisch als ebenso gleichbedeutend für die Gestaltung nachhaltigkeitsrelevanter und -orientierter Handlungssituationen.

**Wissen** lässt sich als ein bestimmtes Handlungsvermögen auffassen, das auf Basis von Kenntnissen etwas bewirken kann (vgl. Adolf & Stehr 2015). Die Wirkung des in der Facharbeit inkorporierten Gestaltungswissens und -könnens zeigt sich über kleine und/oder substanzielle Beiträge zur Etablierung transformativer Leitideen in der Arbeitswelt. Berufliches Gestaltungswissen zur reflektierten und verantwortungsvollen Schaffung oder Aufrechterhaltung nachhaltigkeitsbezogener Gebrauchswerte erfordert in diesem Sinne neben domänenspezifischem Facharbeiter- bzw. Arbeitsprozesswissen ein transformationsbezogenes Repertoire aus deklarativem, prozeduralem und Metawissen (vgl. Grundwald und Kopfmüller 2012, S. 205 f.). Auch ohne tief greifende Auseinandersetzung mit der Klassifizierung des Wissens wird in der Domäne der Fachkräfte ersichtlich, dass reflektierte Facharbeit in domänenspezifischen Handlungssituationen mit Nachhaltigkeitsrelevanz dispositive Kenntnisse erfordert,

- die als Reflexionsbasis für ethisch vertretbare Arbeitshandlungen dienen (*Orientierungswissen*),
- die eine betriebliche Mitgestaltung und -bestimmung ermöglichen (*Handlungswissen*), und
- die Voraussetzung für die Mitgestaltung alternativer und nachhaltigkeitsvertraglicher Produktions- und Arbeitsprozesse sind (*Fakten- und Handlungswissen*).

Dazu gehören konkrete domänenspezifische Kenntnisse, wie z. B. zum Energie- und Materialverbrauch von Produktionsprozessen oder Anlagen, zu Ansätzen einer nachhaltigen Produkt- und Prozessgestaltung, zu Maßnahmen bzgl. der Erhöhung der Anlagenlebensdauer, -verfügbarkeit und -effizienz, zu effizienten sowie sozial- und umweltverträglichen Technologien, zu Arbeits- und Umweltschutzanforderungen oder zu Partizipationsmöglichkeiten und Recyclingstrategien. Auf der Metaebene besteht die nachhaltigkeitsbezogene Reflexionsfähigkeit bei der Umsetzung spezifischer Maßnahmen etc. nicht nur in dem Wissen hinsichtlich der konkreten Auswirkungen (CO<sub>2</sub>-Einsparung, Energie- und Materialeinsparung etc.), sondern auch in der Abschätzung der ökologischen und sozialen Wechselwirkungen der eigenen beruflichen Handlungen und den damit einhergehenden inter- und intragenerationellen Folgen (*Prognose- und Systemwissen*).

**Können** lässt sich als eine dispositive Handlungsmöglichkeit auffassen und gilt als weitere performative Ausprägung zur Beherrschung und Gestaltung von Arbeitsprozessen (vgl. Becker & Spöttl 2015, S. 7). Das Können wird durch das Facharbeiterhandeln innerhalb eines Arbeitsprozesses in der Domäne sichtbar. Als reziproke strukturelle Komponente gelten vor allem erworbene Fähigkeiten. Diese ermöglichen ein bewusstes, beschreibbares und übertragbares Handeln. Routinierte und vollständig beherrschte *Fähigkeiten* werden auch als *Fertigkeiten* bezeichnet (Straka und Macke 2009, S. 15). Im Können bzw. Beherrschen von Arbeitsprozessen besteht

eine eigene Qualität der Nachhaltigkeitsrelevanz, denn Könnerschaft sorgt für sorgfältig geplante und adäquat umgesetzte Arbeitsaufgaben, für eine sichere und beherrschte Auftragsabwicklung und für eine schnelle und erfolgreiche Lösung domänenspezifischer Problemsituationen (Anlagenstillstände, Defekte etc.). Die sich in der Könnerschaft zeigende Beherrschung von Arbeitsprozessen trägt in einem hohen Maße zur Prozesssicherheit, Anlagenlebensdauer, -verfügbarkeit und -effizienz sowie zu sorgfältig durchgeführten Arbeitsprozessen bei und führt dadurch zu einem geringen Anteil an Ausschuss und Nacharbeit. Unnötige Verschwendungen von Energie, Hilfs- Betriebs- und Rohstoffen sowie lange Reklamationswege oder Anlagenstillstände werden vermieden, Umweltschädigungen durch unsachgemäßen Gebrauch reduziert und die Produktqualität optimiert.

**Wollen** des interagierenden Individuums ist erforderlich für sein nachhaltigkeitsbezogenes Handeln. Die Arbeitsprozessbewältigung ist in einem emotionalen und motivationalen Erleben eingebettet, das der Handlung eine Zielrichtung gibt, es initiiert, aufrechterhält und den Abschluss sichert (ebd., S. 15). Die Bereitschaft, berufliche Handlungssituationen nachhaltig zu bewältigen, ist dabei an *Einstellungen*, *Wertvorstellungen* und *Motive* gekoppelt. Arbeit im Kontext der großen Transformation kann als sinnstiftendes Moment aufgegriffen werden. Die Erfüllung von nachhaltigkeitsbezogenen Arbeitsaufträgen durch Fachkräfte trägt neben der Produktion von Gütern, der Sicherung des eigenen Lebensunterhalts und der sozialen Akzeptanz in der Gesellschaft zum Erhalt natürlicher Lebensgrundlagen bei. Reflektiertes berufliches Handeln zur Lösung von Nachhaltigkeitsdefiziten ist im Kontext globaler Gerechtigkeit, Solidarität und Verantwortung im Kern auch immer ein *moralisches Handeln*, welches durch entsprechende Wertvorstellungen gestützt und gleichzeitig durch fortlaufende berufliche Sozialisation selbst zur Disposition wird. Die Identifikation mit einer verantwortungsvollen Unternehmensphilosophie kann zur Schaffung eines *positiven Selbstbildes* und *Berufsethos* als auch zu einem Nachhaltigkeitsbewusstsein führen, das über die Unternehmensgrenzen hinausgetragen wird. Die Verbesserung der betrieblichen Nachhaltigkeitsbilanz setzt dabei nicht nur auf intrinsische Faktoren. Nachhaltigkeitsbezogene Facharbeit in Produktionsunternehmen kann auch unter monetären Anreizsystemen (z. B. betriebliches Vorschlagswesen) erfolgen, um Mitarbeitende durch extrinsische Motivation ins CSR-Management zu involvieren.

Auch wenn Fachkräfte verantwortungsvoll handeln wollen und können, müssen sie dies für die Umsetzung im Arbeitsumfeld auch **dürfen**. Der Handlungsfreiraum der Fachkräfte ist dabei in erster Linie von den betrieblichen Rahmenbedingungen, gesetzlichen Regelungen und Verordnungen, der Unternehmenskultur sowie den betrieblichen Partizipationsstrukturen abhängig. Die Partizipationsmöglichkeiten erstrecken sich dabei

- von der *Anweisung* (z. B. Austausch von veralteten Elektromotoren durch Substitute höchster Energieeffizienzklasse, Aufarbeitungsauftrag eines Altteils etc.)
- über die *Mitsprache* durch das Einbringen von Ideen und Vorschlägen (z. B. Kommunikation von Optimierungspotenzialen an Anlagen oder in Produk-

tionsprozessen mittels betrieblichem Vorschlagswesen, kontinuierlichem Verbesserungsprozess oder Shopfloor-Meetings)

- bis hin zur *Mitbestimmung* und *Mitgestaltung* – also der aktiven Beteiligung und Einbeziehung an der Planung und Umsetzung betrieblicher Nachhaltigkeitsziele (z.B. bei der Anschaffung neuer effizienterer Anlagen oder Ansätzen nachhaltiger Produktgestaltung).

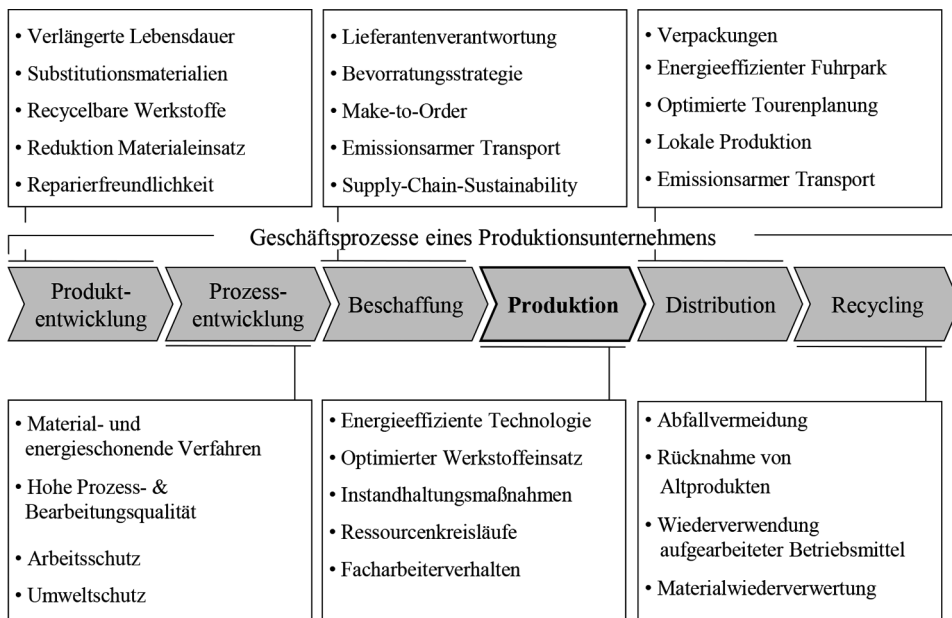
### 3.3 Formen nachhaltigkeitsbezogener Handlungen

Wie bereits im vorherigen Abschnitt angedeutet, sind in industriellen Produktionsunternehmen eine Reihe höchst unterschiedlicher Handlungssituationen mit Nachhaltigkeitsrelevanz entlang des Wertschöpfungsprozesses vorzufinden, die konkrete berufliche Kompetenzen im Kontext von Nachhaltigkeitsansprüchen erfordern. Die berufsbezogene Auseinandersetzung mit bestehenden Anforderungen und die Bewältigung der damit verbundenen Arbeitsaufträge erfolgt in unterschiedlichen Formen. Zur analytischen Betrachtung lässt sich dazu das Modell von Tiemeyer (vgl. 2009, S. 50 f.) auch domänenspezifisch auf das berufliche Handeln industrieller Fachkräfte, wie bspw. für den/die Industriemechaniker/-in anwenden (vgl. Tab. 2):

**Tabelle 2:** Handlungsformen nachhaltiger Facharbeit

Handlungsformen nachhaltiger Facharbeit	Domänenspezifische Anwendung
Instrumentelle Handlungen ( <i>Umsetzung von geschlossenen Arbeitsabläufen</i> )	Integration nachhaltigkeitsorientierter Technologie, Instandhaltung nachhaltigkeitsrelevanter und -orientierter technischer Systeme, Aufarbeitung von Altteilen, Auf- und Umrüsten von Bestandsanlagen zur verbesserten Umweltentlastung etc.
Kognitive und metakognitive Handlungen ( <i>mentale Durchdringung von Sachverhalten</i> )	Prüfung von Verschwendung in eigenen Arbeitsprozessen, Erarbeiten von Ressourceneinsparungsansätzen, nachhaltigkeitsbezogene Zielbildungsprozesse im Rahmen des betrieblichen Nachhaltigkeitsmanagements (z. B. im Rahmen eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses oder einer Balanced Scorecard) etc.
Kommunikative Handlungen ( <i>Interaktion</i> )	Beratung zum Fahren von Produktionsanlagen oder zur energetischen Optimierung von technischen Systemen und Produktionsprozessen, die Artikulation von Nachhaltigkeitsansätzen über das Vorschlagswesen, die Etablierung einer sozialverträglichen und bilingualen Gesprächskultur, Diskussionen in Qualitätszirkeln oder anderen Formen von Shopfloor-Gesprächen bzgl. Verschwendung, Ausschuss, Energieverbrauch, Investitionen etc.
Reflexive Handlungen ( <i>Selbstreflexion, Urteilsfähigkeit, Begründungen</i> )	Selbsteinschätzung zur Ausschöpfung der Partizipationsmöglichkeiten oder zur Verbesserung der betrieblichen Nachhaltigkeit, Begründungen zur bestehenden Handlungsweise, Beurteilung der Effizienz, Suffizienz, Konsistenz und Permanenz von Arbeits- und Produktionsprozessen, Reflexion der betriebsinternen und inter- und intragenerationellen Auswirkungen der Facharbeit etc.

Die aufgezeigten Formen nachhaltiger Handlungen machen deutlich, dass vielfältige Anknüpfungspunkte entlang der gesamten Wertschöpfungskette bestehen, um im Rahmen von Facharbeit einen Beitrag zur Verbesserung der betrieblichen Nachhaltigkeitsbilanz zu liefern (Abb. 2): angefangen von erfahrungsbasierten Hinweisen zur Produktentwicklung (Ecodesign) über die Mitwirkung an einer nachhaltigen Prozessentwicklung, der Mitgestaltung und Etablierung eines nachhaltigen Produktionsprozesses – sei es die nachhaltige Gestaltung des eigenen Arbeitsprozesses oder die Integration umweltschonender und effizienter Technologien – bis hin zur verschwendungsarmen Verpackung von Produkten und der Umsetzung von Recyclingansätzen, wie der Abfallvermeidung, der Aufarbeitung von Altteilen, der sortenreinen Trennung von Abfällen und der Wiederverwendung von Komponenten.



**Abbildung 2:** Anknüpfungspunkte in der Wertschöpfungskette produzierender Unternehmen (in Anlehnung an Burschel 2003, S. 293; Wildemann 2012, S. 143 ff.; Wulf et al. 2013, S. 779)

### 3.4 Nachhaltigkeitsorientierte und -relevante Technologien als beruflicher Arbeitsgegenstand

Bereits die Arbeiten von Kleiner (vgl. 2005) verdeutlichen, dass die Facharbeit industrieller Metallberufe und besonders des/der Industriemechanikers/-in durch den Umgang mit technischen Systemen geprägt ist. Technische Systeme, egal ob Fertigungsmaschinen, Produktionsanlagen oder Versorgungs- und Fördertechnik, weisen durch den Verbrauch von Ressourcen, durch die direkte oder indirekte Erzeugung von Emissionen und als Gefahrenquelle eine betriebliche Nachhaltigkeitsrelevanz auf. Nachhaltigkeitsbezogene Facharbeit im Umgang mit den technischen Systemen bezieht sich sowohl auf das effiziente und schonende Fahren der Anlagen als auch

auf das Arbeiten an den Systemen selbst. Letzteres geschieht vor allem zur Realisierung eines integrierten und vorsorgenden Umweltschutzes (**integrative Technologien**) oder eines additiven und nachsorgenden Umweltschutzes (**End-of-Pipe-Technologien**). Für die berufswissenschaftliche Untersuchung nachhaltigkeitsbezogener Arbeitsgegenstände bietet sich insbesondere eine Unterscheidung zwischen **nachhaltigkeitsrelevanten** und **-orientierten Technologien** an. Diese Art der Kategorisierung erlaubt die zusätzliche Betrachtung von Arbeitsgegenständen, die eine Nachhaltigkeitsrelevanz haben (Druckluftsystem etc.), aber nicht als Umwelttechnologie gelten. Häufig ist sogar die Betrachtung nachhaltigkeitsrelevanter Technologien notwendig, um überhaupt nachhaltigkeitsbezogene Arbeitsaufgaben zur Optimierung und Aufrüstung der Anlagen zu analysieren.

**Nachhaltigkeitsrelevante Technologien** sind durch einen hohen Energie- oder Materialverbrauch, erhöhte Emissionen und hohe Betriebszeiten gekennzeichnet (z. B. Druckluftsysteme, Dampfkesselanlagen, Werkzeugmaschinen, raumlufttechnische Anlagen etc.). Nachhaltigkeitsbezogene Arbeitsprozesse mit diesen Technologien beziehen sich bspw. auf ressourcenschonendes Fahren der Anlagen selbst, auf die Um- und Nachrüstung von Bestandsanlagen (Retrofit), die Installation verbrauchs- und qualitätsüberwachender Sensorik, die Integration und Inbetriebnahme von effizienten Neuanlagen bzw. Systemelementen oder die Realisierung intelligenter Steuerungskonzepte. Damit verbundene Nachhaltigkeitsziele dienen der Steigerung der Ressourceneffizienz, Sicherstellung des Arbeitsschutzes, Reduktion von Emissionen und der Vernetzung mit digitalisierten Infrastrukturen zur Quantifizierung von Energie- und Stoffströmen.

**Nachhaltigkeitsorientierte Technologien** weisen durch ihre Funktionalität einen expliziten Nachhaltigkeitsbezug auf und stellen häufig selbst einen nachhaltigen Gebrauchswert dar. Fachkräfte tragen sowohl durch die Herstellung selbst als auch durch die Integration nachhaltigkeitsorientierter Technologien in nachhaltigkeitsrelevante technische Systeme zur Schonung der natürlichen Lebensgrundlagen bei. Sie rüsten bspw. Druckluftsysteme (nachhaltigkeitsrelevantes technisches System) mit Öl-Wasser-Trennsystemen, Druckhaltesystemen, Wärmerückgewinnungsmodulen, übergeordneten intelligenten Steuerungen, dezentralen Druckluftspeichern usw. auf (nachhaltigkeitsorientierte Technologien), um gezielte Ressourceneinsparungen zu erzielen. Gleichzeitig wird so ein ökonomischer Umweltschutz betrieben und die Energiekosten simultan zur betrieblichen CO<sub>2</sub>-Bilanz werden gesenkt. Durchgeführte Instandhaltungsarbeiten, egal ob an nachhaltigkeitsrelevanten oder -orientierten Technologien, sorgen zudem für eine hohe Anlagenverfügbarkeit und -lebensdauer, einen hohen Leistungs- und Qualitätsfaktor und für die Vermeidung unnötiger Ressourcenaufwendungen. Sorgfältig geplante und umgesetzte Instandhaltung wird somit im Blickwinkel der Nachhaltigkeit selbst zu einem wichtigen Nachhaltigkeitsansatz in den Unternehmen. Dass Umwelttechnologien bzw. nachhaltigkeitsorientierte Technologien sowohl in der Produktion als auch in der Instandhaltung zunehmend Gegenstand berufsförmiger Arbeit werden, untermauert die Expansion der GreenTech-Branche mit einer jahresdurchschnittlichen Wachs-

tumsrate von voraussichtlich 6,9 Prozent zwischen 2016 und 2025. Im selben Zeithorizont wird ein Wachstum der Mitarbeiterzahl in der Querschnittsbranche um jährlich 6,7 Prozent prognostiziert (vgl. BMU 2018, S. 9 f.).

### 3.5 Betrieblicher Kontext nachhaltigkeitsbezogener Handlungsmuster

Die Betrachtung nachhaltigkeitsbezogener Handlungen in Produktionsunternehmen oder im Rahmen produktionsbezogener Dienstleistungen verdeutlicht, dass diese ebenso wie andere berufliche Handlungen stets in einen betrieblichen Kontext eingebunden sind und einen Sach- und Sinnzusammenhang aufweisen (vgl. Becker 2010, S. 60). Facharbeit wird im Kontext betrieblichen CSR-Managements zu einem strategischen und systematischen Moment, dessen transformativer Sinnzusammenhang durch die gezielte Schaffung oder Aufrechterhaltung nachhaltigkeitsverträglicher Gebrauchswerte geprägt ist und gleichzeitig selbst zum Gegenstand betrieblicher Nachhaltigkeitsziele avanciert. Maßnahmen zur Umsetzung von produktionsnahen Nachhaltigkeitszielen werden zwar weitestgehend auf strategischer Ebene koordiniert – die Umsetzung, Aufrechterhaltung und teilweise auch Initiierung erfolgt allerdings weitestgehend durch Fachkräfte auf Shopfloor-Ebene. Anders als im Handwerk (z. B. Anlagenmechaniker/-in SHK) ist nachhaltigkeitsbezogene Facharbeit in industriellen Produktionsunternehmen damit stärker im Kontext betrieblichen CSR-Managements organisiert.

Die veränderten Anforderungen an Unternehmen und Fachkräfte resultieren dabei zum einen aus **harten Treibern**, die durch gesetzliche Regelungen, Grenzwerte und Steuern gekennzeichnet sind. So sind Energieaudits nach DIN EN 16247-1 seit 2015 Pflicht für Großunternehmen, falls keine entsprechende Zertifizierung eines Energiemanagements vorliegt. Die dabei erarbeiteten Maßnahmen zur Verringerung des Energieeinsatzes sind zwar nicht verpflichtend, aber häufig initiiierend für nachhaltigkeitsbezogene Umgestaltungsprozesse. Fachkräfte führen zudem Arbeitsaufgaben aus, die der Verankerung nachhaltigkeitsrelevanter Managementsysteme (z. B. ISO 50001, ISO 14001, ISO 26000, EMAS etc.) sowie deren Verstetigung dienen. Managementsysteme wie EMAS fordern explizit für die Zertifizierung eine aktive Einbeziehung von Mitarbeitenden in den kontinuierlichen Verbesserungsprozess der Umweltleistung (vgl. Köpnick 2008, S. 152). Zudem entstehen Fachkräftepositionen in der Organisationsstruktur der Managementsysteme, wie bspw. als Luft-/Lärm- oder Umweltschutzbeauftragte, die neben Kontrollmaßnahmen gestalterische Aufgaben in Ausschüssen und Gremien wahrnehmen.

Daneben schaffen **weiche Treiber** wie staatliche Förderprogramme unternehmerische Anreize zur Erzielung ökonomisch-ökologischer Synergieeffekte (z. B. BAFA-Förderungen zur Investition in hocheffiziente Querschnittstechnologien, Soft- und Hardware zur Einrichtung oder Anwendung eines Energie- oder Umweltmanagementsystems im Zuge der Digitalisierung). Zudem gelten betriebliche Reputation, Mitarbeiterrekrutierung, -motivation und -bindung als weitere Gründe unternehmerischer Nachhaltigkeitsbemühungen, die direkt oder indirekt (z. B. durch Schulungen, Partizipationsstrukturen etc.) die Facharbeit im Unternehmen prägen.

## 4 Nachhaltige Digitalisierung und digitalisierte Nachhaltigkeit

### 4.1 Digitale Transformation als Chance oder Risiko einer Green Economy

Die voranschreitende Entwicklung der digitalen Transformation verändert nicht nur die gesellschaftlichen Lebensbereiche grundlegend, sondern auch die bestehende Wirtschaftsweise in unterschiedlichsten Branchen und Unternehmen. Die zentrale Frage dabei lautet nicht, ob die voranschreitende Digitalisierung negative Folgen für eine nachhaltige Entwicklung mit sich bringen wird, sondern wie die Digitalisierung vorausschauend zu gestalten ist, damit eine Vereinbarkeit mit den Nachhaltigkeitszielen der Agenda 2030 zu erzielen ist und darüber hinaus Potenziale für nachhaltige Synergieeffekte im Rahmen einer Green Economy erschlossen werden können. Als normative Leitlinien zur Gestaltung einer nachhaltigen und verträglichen Digitalisierung unserer Lebenswelt können Paradigmen aus der Nachhaltigkeitsdebatte herangezogen werden, die eine inter- und intragenerationelle Verantwortlichkeit, die sowohl die Achtung der Menschenwürde als auch den Erhalt natürlicher Lebensgrundlagen und letztendlich die Sicherung der menschlichen Existenz implizieren. Ziel einer nachhaltigen Digitalisierung ist die Abwendung von möglichen Folgen, wie die Überschreitung planetarischer Belastungsgrenzen durch digital getriebene Wachstumsmuster, die Entmachtung des Individuums bei gleichzeitiger Gefährdung der Privatsphäre oder die Disruption des Arbeitsmarktes durch tief greifende Automatisierung bestehender Arbeitsprozesse (vgl. WBGU 2019). Konträr zu diesen Szenarien kann eine verantwortungsvolle und reflektierte Digitalisierung allerdings auch zur Etablierung digitaler Systeme führen, die transformative Umweltentlastungspotenziale aufweisen. Als digitale Systeme mit hohem Umweltentlastungspotenzial gelten *Connected Energy*, *Connected Information Network*, *Industrie 4.0*, *Urban Connected Mobility* oder *Smart Grid* (vgl. BMU 2018).

Repräsentative Vertreter der industriellen Metallberufe sind in diesem Zusammenhang ebenso von der Digitalisierung der Arbeitswelt betroffen wie informationstechnologische und elektrotechnische Berufsbilder (vgl. Spöttl et al. 2016). Industrie 4.0 weist als digitales System dabei eine besondere Bedeutung für die industriellen Metallberufe auf. Hinter dem Terminus verbirgt sich ein digitales System, das zur Effizienzsteigerung und Wertschöpfungsoptimierung neben den abstrahierten Entitäten wie „Internet of Things“ oder „Smart Factory“ auch eine konkrete digitale Verknüpfung von Fachkräften mit Anlagen, Maschinen, Logistik und Produkten zu einem intelligent vernetzten System assoziiert.

Nachhaltigkeitsverträgliche Facharbeit im Kontext von Industrie 4.0 trägt im Kern dazu bei, nachhaltigkeitsverträgliche Gebrauchswerte vor allem durch digital gestützte **Systembildung** zu erzeugen. Der überwiegende Anteil moderner Produktionsprozesse und die dazugehörigen technischen Systeme weisen einen weitestgehend technologisch ausgereiften Wirkungsgrad auf. Arbeitsprozesse zur Prozess- und Systemintegration können in diesem Zusammenhang durch Systembildung dazu beitragen, bisher ungenutzte Umweltentlastungspotenziale zu heben, indem

Einzelkomponenten zu Gesamtsystemen verbunden werden und so ganzheitliche und vernetzte Lösungsansätze ermöglichen. Die damit erzeugten nachhaltigkeitsverträglichen Gebrauchswerte können zur Schonung der natürlichen Lebensgrundlagen beitragen. Grundlage für eine solche Systembildung schaffen die sogenannten Potenzialhebel der Digitalisierung (vgl. BMU 2018, S. 122):

1. *Automatisierung* (Überwachung, Steuerung und Regelung von Prozessen),
2. *digitale Daten* (Erfassung, Verarbeitung und Auswertung von digitalisierten Messdaten),
3. *digitale Benutzerschnittstelle* (Mensch-Maschine-Kommunikation) und
4. *Vernetzung* (Infrastruktur für den Datenaustausch).

## 4.2 Fallbeispiel nachhaltigkeitsbezogene Facharbeit im Kontext von Industrie 4.0

Facharbeit für eine digital gestützte Realisierung betrieblicher Nachhaltigkeitsziele lässt sich häufig erst auf den zweiten Blick als solche erkennen. Um Licht ins Dunkel zu bringen lohnt es sich, konkretes Facharbeiterhandeln zur digitalen Systembildung anhand exemplarischer und repräsentativer Arbeitsgegenstände wie bspw. dem „Druckluftsystem“ heranzuziehen. In diesem Zusammenhang wurde im Rahmen eines Promotionsvorhabens eine Fallstudie und Arbeitsprozessanalyse durchgeführt, um das konkrete Facharbeiterhandeln zu erschließen. Vereinzelte Erkenntnisse und Ansatzpunkte zum nachhaltigkeitsbezogenen Facharbeiterhandeln aus dieser Fallstudie sollen im Folgenden aufgezeigt werden.

Der Einsatz von Druckluft ist bei unzähligen Produktions- und Transportanwendungen essenziell und als Querschnittstechnologie in einer Vielzahl von Branchen und Unternehmen fester Bestandteil der betrieblichen Produktionsstrukturen. Gleichzeitig ist Druckluft die teuerste Energieform und weist in vielen Unternehmen hohe energetische Einsparmöglichkeiten auf. Durchschnittlich verschwenden 80 Prozent der Unternehmen bis über die Hälfte der für die Druckluftversorgung eingesetzten Energie, obwohl je nach Branche die Druckluftanwendungen für bis zu 30 Prozent des Gesamtstromverbrauchs verantwortlich sind (vgl. Feldmann 2005). Um diesbezügliche Verschwendungen zu vermeiden und höchstmögliche Effizienzsteigerungen des Gesamtsystems „Druckluft“ zu erzielen, müssen alle Systembestandteile, angefangen vom Verbraucher, über die Verteilung bis hin zur Aufbereitung und Erzeugung in die Potenzialanalyse einbezogen und Gegenstand einer ganzheitlichen Systembetrachtung werden. Neben rein technologischen und verhaltensorientierten Maßnahmen bestehen im Zuge von Industrie 4.0 vielfältige Möglichkeiten, um durch digital gestützte Systembildung Kosten zu senken und Ressourceninanspruchnahme zu vermindern.

Als Grundlage einer vernetzten Systembildung dienen **digitale Daten**. Damit diese generiert werden können, integrieren Fachkräfte unterschiedliche Sensorik wie Druck- (Luftdruck), Durchfluss- (Luftmenge) und Drucktaupunktsensoren (Luftqualität) in das Druckluftsystem (Systemintegration), konfigurieren ggf. die Messeinrichtungen und verkabeln bzw. vernetzen diese über unterschiedliche Schnittstellen mit übergeordneten Steuerungen, Gateways oder der Gebäudeleittechnik. Durch



die Implementierung von Sensorik sorgen Fachkräfte nicht nur dafür, die Basis für die Aufrüstung des bestehenden Druckluftsystems zu einem cyber-physischen System zu schaffen, sondern ermöglichen ebenso ein transparentes und kennzahlenbasiertes Energie- und Druckluftmanagement, das Kenndaten zum Energieverbrauch, zum Fließdruck, zur Durchflussmenge und Druckluftqualität über die Cloud für gezielte und ganzheitliche Systemüberwachung und -optimierung abrufen kann.

Die **Automatisierung** des gesamten Druckluftsystems zählt ebenfalls zu den domänenbezogenen Arbeitsaufgaben von Industriemechaniker:innen. Besteht das Druckluftsystem bspw. aus mehreren Druckluftherzeugern mit fester Drehzahl als auch drehzahlregelbaren Antrieben (frequenzgesteuert), kann durch die Implementierung einer intelligenten verbrauchsorientierten Verbundsteuerung die Liefermenge dynamisch geregelt werden, um eine exakte Anpassung an den schwankenden Druckluftverbrauch zu erzielen. Für die entsprechende Sensorregelung ist die Integration eines Drucksensors in das Druckluftnetz erforderlich. Zudem verbinden Fachkräfte über eine Bus-Topologie alle Kompressorsteuerungen mit einer übergeordneten intelligenten Steuerung (z. B. über ein RS485-Bus-System), konfigurieren diese und passen das Druckband an (Prozessintegration). Bei proprietären Systemen wird durch die Systemintegration von Anschlussmodulen (Embedded Systems) die Vernetzung mit Fremdfabrikaten ermöglicht. Durch die erfolgreiche Einrichtung einer verbrauchserkennenden Druckluftherzeugung erzeugen Fachkräfte nachhaltigkeitsverträgliche Verbrauchswerte. Resultat ist ein deutlich verringerter Energieeinsatz durch Vermeidung von teuren Leerlaufzeiten, Last-/Leerlaufschaltspielen, durch Reduzierung des Druckbandes und damit der Absenkung des Maximaldrucks. Zudem wird die Anlagenlebensdauer und -verfügbarkeit durch die deutlich verringerte Belastung von Ansaugreglern, Verdichterstufen, Schützen und Motoren wesentlich gesteigert. Mittelbare Einsparungen durch Systembildung äußern sich zudem in einer erweiterten Wirkkette durch eine verringerte Leckagemenge im gesamten Druckluftsystem.

Fallbezogene Explikation: Die Reduktion des Netzdrucks um 1 bar senkt den Energiebedarf des technischen Systems durchschnittlich um sechs Prozent. Bestehen sechs Kompressoren mit jeweils 120 KW, werden im Dreischichtbetrieb durch die Druckreduzierung 91.518.759 Liter CO<sub>2</sub> (179,4 Tonnen) und ca. 68.117 € Energiekosten (0,18 € pro KWh) im Jahr eingespart.

Eng an der Automatisierung erfolgt die **Vernetzung** des Gesamtsystems als weitere Arbeitsaufgabe von Industriemechaniker:innen. Dazu werden nicht nur die Druckluftherzeuger mit einer übergeordneten intelligenten Steuerung oder einem herstellerfremden Gateway verbunden, sondern ebenso Systemelemente der Druckluftaufbereitung wie Kältetrockner, Filtereinheiten, Öl-Wasser-Trenner und diverse Sensoren. Fachkräfte müssen dazu den Umgang mit unterschiedlichen digitalen und analogen Schnittstellen beherrschen und die Konnektivität sowie Kommunikationsfähigkeit der Gateways durch Konfiguration und Programmierung herstellen (vgl. Becker 2019). Durch die Vernetzung von technischen Systemen und Systemkomponenten

werden vielfältige Daten teils in Echtzeit erzeugt (Big Data), in einer cloudbasierten Umgebung gespeichert, aggregiert, verarbeitet und über Webserver zur Verfügung gestellt. Die aufbereitete Darstellung vielfältiger Betriebs- und Zustandsparameter ermöglicht es den Instandhaltungsverantwortlichen, ein Monitoring des Gesamtsystems durchzuführen und Ansätze einer Predictive Maintenance (vorausschauende bzw. voraussagende Instandhaltung) umzusetzen, um weitere Umweltentlastungspotenziale auszuschöpfen.

Fachkräfte greifen sowohl über physische Benutzerschnittstellen als auch über virtuelle Oberflächen des integrierten Webserver (**digitale Benutzerschnittstelle**) auf eine Vielzahl von Systeminformationen in der Cloud zu, um eine digitale Verwaltung und Überwachung des Druckluftsystems umzusetzen. In Echtzeit gemessene Werte werden direkt auf dem Webserver visualisiert und können im Leitstand oder aber auch im Feld mithilfe mobiler Endgeräte abgerufen werden. Auf Grundlage von Diagrammen und Kennzahlen lassen sich die Betriebszustände einzelner Systemkomponenten auswerten. Das Monitoring von Kennzahlen zur Liefermenge, spezifischen Leistung, Druck und weiteren Messsignalen (z. B. Drucktaupunkt, Temperaturen etc.) führt im Rahmen einer Predictive Maintenance nicht nur zur prädiktiven Sicherstellung der Anlagenlebensdauer und -verfügbarkeit, sondern ermöglicht weitreichende umweltentlastende Systemoptimierungen. So kann bspw. über die detektierte Liefermenge in der freien Betriebszeit festgestellt werden, wie hoch die Leckage rate ist, und die entsprechenden Instandsetzungsarbeiten lassen sich systematisch planen.

Fallbezogene Explikation: Bestehen drei Leckagen mit 5 mm Durchmesser in einem Druckluftnetz mit 8 bar Beaufschlagung, wird im Jahr eine Energiemenge von 346.896 KWh verschwendet, wodurch 83.679.600 Liter CO<sub>2</sub> (164,4 Tonnen) emittiert werden und Kosten von ca. 62.441 € entstehen.

In dem Wissen, dass in älteren Druckluftsystemen bis zu 20 Prozent des gesamten Druckluftverbrauchs durch Leckagen verloren gehen, setzen Unternehmen zudem Apps ein, mit denen Fachkräfte ein systematisches Leckagemanagement auf der Shopfloor-Ebene umsetzen können. Neben Leckageapps bestehen zudem herstellereingebundene Apps als Ferndiagnosetools, mit denen Instandhalter:innen mittels Echtzeitkommunikation Zugriff auf Betriebs- und Zustandsparameter haben und ggf. Prognosen über das zukünftige Laufverhalten und möglichen Verschleiß abrufen können. Je nach Instandhaltungsorganisation können Fachkräfte darüber hinaus in ein Service- und Alarm-Management eingebunden werden und per SMS, E-Mail oder Voice-Mail eine automatisierte Mitteilung zu Störungen, Warnungen und Wartungen bekommen. Für die Zertifizierung des Energiemanagements nach DIN EN ISO 50001 haben Fachkräfte die Möglichkeit, über digitale Benutzerschnittstellen differenzierte Reports zur Energiebilanz der Druckluftherzeugung zu erstellen. Durch die vernetzte Anlagensteuerung können die automatisch aufbereiteten Daten per Mail direkt von der Anlage an das Energiemanagement gesendet werden oder werden von den Energiemanager:innen über die vernetzte Steuerung abgerufen.

## 5 Fazit und Ausblick

Industrielle Metallberufe wie der/die Industriemechaniker/-in tragen in den Unternehmen im hohen Maße dazu bei, durch nachhaltigkeitsorientiertes berufliches Handeln unternehmerische Nachhaltigkeitsziele zu erreichen, und liefern aus gesamtgesellschaftlicher Perspektive einen Beitrag zu Erreichung der SDGs. Nachhaltigkeitsbezogenes berufliches Handeln ist dabei ein domänenbezogenes und verantwortungsvolles Handeln, welches gleichzeitig über die zeitlichen und geografischen Grenzen der Domäne reflektiert, sich in der strategischen, reflektierten und pro- oder reaktiven Interaktion mit Repräsentationen der Domäne, der Auseinandersetzung mit ambivalenten Entscheidungen sowie in der sozialen Kommunikation mit Akteuren des Unternehmens äußert. Der motivationale und wertgeleitete Einsatz von Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kenntnissen in definierten Handlungsräumen entlang des gesamten Geschäftsprozesses ermöglicht dabei die Erzeugung und/oder Aufrechterhaltung nachhaltigkeitsverträglicher Gebrauchswerte durch technologische, organisatorische und verhaltensorientierte Maßnahmen.

Weil nachhaltigkeitsorientierte Facharbeit in industriellen Produktionsunternehmen – anders als im Handwerk – stärker im Kontext betrieblichen CSR-Managements organisiert ist, ermöglicht sie sowohl durch kleine als auch substanzielle Beiträge die nachhaltige Gestaltung von Geschäftsprozessen. Durch die vielfältigen Gegebenheiten, produktionsbezogene Nachhaltigkeitspotenziale systematisch, prozessorientiert und technologisch zu heben, haben sich die Anforderungen an die nachhaltigkeitsorientierte Facharbeit sowohl in der Breite als auch in der Tiefe verändert. Die fallbezogene Darstellung des Fachkräftehandelns verdeutlicht die Notwendigkeit einer umfassenden Förderung des systemorientierten und vernetzten Denkens und Handelns in Verbindung mit konkreten berufs- bzw. domänenspezifischen Kompetenzen zur Schaffung und Aufrechterhaltung nachhaltigkeitsbezogener Gebrauchswerte. Im Kontext von Industrie 4.0 muss nachhaltigkeitsbezogene Facharbeit dazu beitragen, die Digitalisierung in den industriellen Unternehmen so mitzugestalten, dass eine Verträglichkeit mit den Zielen der Agenda 2030 gewährleistet ist. Die Steigerung der Nachhaltigkeit von Kern- und Unterstützungsprozessen von Unternehmen darf dabei nicht als Nebeneffekt von Maßnahmen der digitalen Transformation angesehen werden. Vielmehr muss einhergehend mit Digitalisierungsprozessen eine systematische Planung und Erfolgskontrolle zur Nachverfolgung und Quantifizierung der Umweltleistungen erfolgen, um mögliche Rebound-Effekte oder gar ein sogenanntes Backfire (vgl. Müller 2013) zu verhindern.

Digitalisierung kann ein Hebel unternehmerischer Gesellschaftsverantwortung werden, wenn diese gezielt und verantwortungsvoll, das heißt unter Berücksichtigung ökologischer und sozialer Auswirkungen, eingesetzt wird. Um die Umweltentlastungspotenziale umfassend auszuschöpfen, muss Facharbeit selbst ein mitgestaltender Teil der digitalen Systembildung werden, denn letztendlich sind die Zielsetzungen der Digitalisierung ebenso wie das Ziel der Erhaltung natürlicher Lebensgrundlagen vom Handeln der Menschen abhängig. Die Erschließung nach-

haltigkeitsbezogener Handlungsanforderungen und -potenziale industrieller Fachkräfte (einschließlich der beruflichen Kompetenzen) bietet hier einen Ansatz, um die Zielsetzung zur Entwicklung einer umfassenden und verantwortungsvollen beruflichen Handlungsfähigkeit unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsziele zu konkretisieren.

## Literatur

- Abele, E. & Reinhart, G. (2011): Zukunft der Produktion. Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. München: Carl Hanser Verlag.
- Adolf, M. & Stehr, N. (2015): Ist Wissen Macht? Erkenntnisse über Wissen. Weilerswist: Velbrück Wissenschaft.
- Becker, M. & Spöttl, G. (2006): Berufswissenschaftliche Forschung und deren empirische Relevanz für die Curriculumentwicklung. In: Qualifikationsentwicklung und -Forschung für die berufliche Bildung. Online: [https://www.bwpat.de/ausgabe11/becker\\_spoettl\\_bwpat11.pdf](https://www.bwpat.de/ausgabe11/becker_spoettl_bwpat11.pdf) (Zugriff: 07.03.2018).
- Becker, M. (2010): Wie lässt sich das in Domänen verborgene „Facharbeiterwissen“ erschließen? In M. Becker, M. Fischer & G. Spöttl (Hrsg.), Von der Arbeitsanalyse zur Diagnose beruflicher Kompetenzen. Methoden und methodologische Beiträge aus der Berufsbildungsforschung. Frankfurt am Main: Peter Lang, S. 54–65.
- Becker, M. (2019): Standards und Schnittstellen als Arbeitsgegenstand in Industrie 4.0-Kontexten. In G. Spöttl & L. Windelband (Hrsg.), Industrie 4.0. Risiken und Chancen für die Berufsbildung. 2., erweiterte Auflage. Bielefeld: wbv Media (im Druck).
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2018): GreenTech made in Germany 2018. Umwelttechnik-Atlas für Deutschland. Bonn: BMU.
- Burschel, C. (2003): Nachhaltiges Designmanagement. In G. Linne & M. Schwarz, (Hrsg.): Handbuch Nachhaltige Entwicklung. Wie ist nachhaltiges Wirtschaften machbar? Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Feldmann, K. H. (2005): „Kostenblase“ Druckluft. Energieeinsparpotentiale in Druckluftnetzen. In: TAB Technik am Bau, 36, S. 89–92.
- Graf S. & Reuter, K. (2017): Greening der Berufe und nachhaltige Arbeitswelt: Auf dem Weg zu einer kohlenstoffarmen und ressourceneffizienten Wirtschaft. Berlin: UnternehmensGrün e. V., Bundesverband der grünen Wirtschaft.
- Grunwald, A. & Kopfmüller, J. (2012): Nachhaltigkeit. Frankfurt/New York: Campus Verlag.
- ILO – International Labour Office (2012): Working towards sustainable development. Opportunities for decent work and social inclusion in a green economy. Genf: International Labour Office.
- Jackson, T. (2009): Prosperity without growth. Economics for a finite Planet. London: Earthscan.

- Kleiner, M. (2005): Berufswissenschaftliche Qualifikationsforschung im Kontext der Curriculumentwicklung. Beschreibung der Facharbeit des Industriemechanikers anhand von Beruflichen Arbeitsaufgaben zur Entwicklung von Lernfeldern. Hamburg: Kovač.
- Köpnick, K. (2008): Umweltorientiertes Verhalten von Unternehmen: Entwicklung und Anwendung eines Diagnoseinstruments zum Umweltverhalten von Unternehmen. Münster: LIT.
- Kuhlmeier, W., Mohorič, A. & Vollmer, Th. (Hrsg.) (2014): Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung. Modellversuche 2010–2013: Erkenntnisse, Schlussfolgerungen und Ausblicke. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Kuhlmeier, W. & Vollmer, Th. (2018): Ansatz einer Didaktik der Beruflichen Bildung für nachhaltige Entwicklung. In T. Tramm, T., M. Casper & T. Schlömer (Hrsg.): Didaktik der beruflichen Bildung – Selbstverständnis, Zukunftsperspektiven und Innovationsschwerpunkte. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Mertineit, K.-D. (2013): Berufsbildung für die grüne Wirtschaft. Im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ). Bonn: BMZ.
- Müller, W. (2013): Rebound und Co – das Problem mit der Technikorientierung bei Energieeffizienzmaßnahmen. In: bwp@ Spezial 6 – Hochschultage Berufliche Bildung 2013, Fachtagung 08, hrsg. v. Schwenger, U.; Geffert, R.; Vollmer, Th.; Hartmann, M. & Neustock, U., S. 1–18. Online: [http://www.bwpat.de/ht2013/ft08/mueller\\_ft08-ht2013.pdf](http://www.bwpat.de/ht2013/ft08/mueller_ft08-ht2013.pdf) (Zugriff: 07.03.2018).
- NP BnE – Nationale Plattform Bildung für nachhaltige Entwicklung (2017): Nationaler Aktionsplan Bildung für nachhaltige Entwicklung. Der deutsche Beitrag zum UNESCO-Weltaktionsprogramm. Berlin: BMBF
- Oekom research (2017): oekom Impact Studie 2017 – Einfluss des nachhaltigen Investments auf Unternehmen – eine empirische Analyse. München: oekom research.
- Pfeiffer, S. (2004): Arbeitsvermögen und Domänen der Informatisierung – Konsequenzen für die Gestaltung von Arbeitssystemen. In: P. Röben & F. Rauner (Hrsg.): Domänenspezifische Kompetenzentwicklung zur Beherrschung und Gestaltung informatisierter Arbeitssysteme. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Rockström, J., Steffen, W., Richardson, K., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., Vries, W. de, Wit, C. A. de, Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B. & Sörlin, S. (2015): Sustainability. Planetary boundaries. Guiding human development on a changing planet. *Science* (New York, N. Y.) 347 (6223), S. 736–747.
- Schaltegger, S. & Lüdeke-Freund, F. (2012): The 'Business Case for Sustainability' Concept. A Short Introduction. Lüneburg: CSM.
- Schütt-Sayed, S. & Vollmer, T. (2017): Verankerung der Leitidee einer nachhaltigen Entwicklung in der gewerblich-technischen Berufsbildung. In: M. Becker, C. Dittmann, J. Gillen, S. Hiestand & R. Meyer (Hrsg.): Einheit und Differenz in den gewerblich-technischen Wissenschaften. Berlin: LIT.

- Spöttl, G., Gorldt, C., Windelband, L., Grantz, T. & Richter, T. (2016): bayme vbm Studie – Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie. Studie herausgegeben vom Verband der bayerischen Metall- und Elektro-Arbeitgeber – bayme vbm. München.
- Straka, G. A. & Macke, G. (2009): Berufliche Kompetenz: Handeln können, wollen und dürfen. Zur Klärung eines diffusen Begriffs. In: BWP Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis. Berufe – Entwicklungen und Perspektiven 3/2009, S. 14–17.
- Tiemeyer, E. (2009): Kompetenzorientierung im Rahmen einer beruflichen Bildung für nachhaltiges Wirtschaften – Einordnung und Handlungsebenen. In E. Tiemeyer (Hrsg.): Europäische Kompetenzentwicklung zum nachhaltigen Wirtschaften in der Ernährungsbranche. Herausforderungen, Projektergebnisse und Transferkonzept. Nationale Agentur Bildung für Europa. Bonn: BIBB.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2019): Unsere gemeinsame digitale Zukunft. Berlin: WBGU.
- Weinert, F. E. (2001): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – Eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.): Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim u. Basel: Beltz, S. 27 f.
- Wildemann, H. (2012): Wachstum durch Ressourceneffizienz. Kunden – Mitarbeiter – Lieferanten. München: TCW Transfer-Centrum.
- Wulf, S., Ansari, S. & Nyhuis, P. (2013): Material- und Energieeffizienz in der Produktion. Kontinuierliche Verbesserung der Ressourceneffizienz durch gezielte Mitarbeiterqualifizierung. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF) 108, S. 778–782.

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Einflussfaktoren auf die Produktionsarbeit .....	40
Abb. 2	Anknüpfungspunkte in der Wertschöpfungskette produzierender Unternehmen .....	46

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Beispiele nachhaltigkeitsverträglicher Gebrauchswerte im industriellen Produktionsumfeld .....	42
Tab. 2	Handlungsformen nachhaltiger Facharbeit .....	45

## Autor



Stefan Nagel, geb. 1990, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik an der Fakultät für Maschinenbau, Leibniz Universität Hannover. Seine Forschungsschwerpunkte sind nachhaltige Entwicklung im Berufsfeld Metalltechnik, berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung sowie Digitalisierung in der Berufsschullehrkräfteausbildung und beruflichen Bildung,  
[nagel@ibm.uni-hannover.de](mailto:nagel@ibm.uni-hannover.de)





**Handling oder Handlung –  
Wege zum „smarten“ Lernen im Unterricht  
gewerblich-technischer Schulen**



# Interdisziplinäre Ausbildung von Lehrkräften zu Industrie 4.0

SUSANNE THIMET

## Abstract

Künftige „Facharbeiterinnen und Facharbeiter 4.0“ erwerben die nötigen fachlichen und überfachlichen Kompetenzen nicht zuletzt an den beruflichen Schulen. Damit kommt auf die gewerblich-technischen Schulen und ihre Fachlehrer:innen eine anspruchsvolle neue Aufgabe zu. Um eine so komplexe Materie im Fachunterricht handlungsorientiert zu vermitteln, bedarf es innovativer didaktischer Konzepte.

Das Berufliche Seminar Karlsruhe hat deshalb ein Konzept zur „Lehrerausbildung 4.0“ erarbeitet, mit den schon angehenden Lehrkräften interdisziplinär die erforderliche fachdidaktische Kompetenz aufbauen sollen. Teilnehmende der interdisziplinären Fachdidaktiktage sind Referendare und Seiteneinsteiger mit den Fächern Energie- und Automatisierungstechnik, System- und Informationstechnik, Fertigungstechnik und Informatik sowie angehende Technische Lehrkräfte mit den Fächern Elektrotechnik und Metall- und Kunststofftechnik. Sie machen sich zunächst mit der labormäßigen Automatisierungsanlage in der Carl-Benz-Schule Gaggenau vertraut und greifen gemeinsam mit ihren Fachausbilder:innen in deren Fertigungsprozesse ein. Aufbauend auf den so gemachten Erfahrungen erarbeiten sie Sequenzen für ihren jeweiligen Fachunterricht, tauschen sich dazu interdisziplinär aus und präsentieren ihre Unterrichtsentwürfe. Nachfolgend wird das Konzept der interdisziplinären Fachdidaktiktage und die Ergebnisse der bisherigen zweimaligen Durchführung vorgestellt.

In the future industrial workers in Baden-Wuerttemberg need skills in smart factory technology. They will gain these competences mainly in Vocational Schools. For the teachers in Vocational Schools giving instructions in “Smart Factory” is a new and demanding challenge. They need innovative didactic concepts which enable them to make this complex production process transparent and understandable for their students.

The Seminar for Teacher Training Karlsruhe therefore developed an interdisciplinary concept for “Teacher Training 4.0”, which enables prospective teachers to achieve the necessary didactic competence. The result is a two day training unit which takes place in the smart factory research and learning platform of the Carl Benz School in Gaggenau. Participants in the training unit are prospective teachers with the subjects Energy- and Automation Technology, Systems- and Information Technology, Informatics, Manufacturing Engineering, Electrical Engineering and

Metal- and Plastics Engineering. On the first day, together with their instructors in technical didactics the participants make themselves familiar with the smart factory platform; they work with its components and install a new cyber physical device into the smart factory. Based on the gained experiences, on the second day the prospective teachers develop teaching lessons for their respective subjects and discuss the drafts with participants with different subjects. They use this additional knowledge to improve their teaching lessons and finally present their results.

This article describes the concept of the interdisciplinary initial Teacher Training in the Smart Factory of the Carl Benz School and the experiences the Seminar for Teacher Training made with this concept.

## 1 Ausgangslage

Das Thema „Digitale Bildung“ ist nicht erst seit dem Digitalpakt des Bundes<sup>1</sup> in aller Munde. Die damit verbundenen Diskussionen und Entwicklungen beziehen sich fast ausschließlich auf den Einsatz digitaler Medien im Unterricht. Doch auf die Lehrer:innen der beruflichen Schulen kommt eine zusätzliche Herausforderung zu: die Vorbereitung ihrer Schüler:innen auf die veränderten beruflichen Anforderungen in einer digitalisierten Arbeitswelt. Dabei spielt in Baden-Württemberg die fortschreitende Digitalisierung der gewerblich-technischen Produktion, z. B. des Maschinenbaus oder der Automobilindustrie, eine große Rolle. Die mit „Industrie 4.0“ einhergehende Vernetzung möglichst aller Fertigungsschritte und die zunehmende Komplexität der betrieblichen Prozesse stellen neue Anforderungen an die fachlichen und überfachlichen Kompetenzen der Beschäftigten. Diese Kompetenzen werden künftige „Facharbeiterinnen und Facharbeiter 4.0“ vor allem an den gewerblichen Schulen des Landes erwerben – entsprechende Anpassungen der Bildungspläne sind auf dem Weg. Damit kommt auf die dortigen Fachlehrer:innen eine höchst anspruchsvolle neue Aufgabe zu.

Das Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg förderte bereits 2016 die Einrichtung von 16 „Lernfabriken 4.0“ an gewerblichen Schulen mit insgesamt 6,8 Millionen Euro; in einer zweiten Tranche ermöglichte eine Fördersumme von insgesamt 4,8 Millionen Euro im Jahr 2018 weiteren 21 Schulstandorten den Aufbau solcher Anlagen.<sup>2</sup> Neben dieser technisch hochaktuellen Lernumgebung benötigen die gewerblichen Schulen Lehrer:innen, die sowohl über das entsprechende Fachwissen verfügen als auch über die fachdidaktische und pädagogische Kompetenz, dieses neue und komplexe Wissen ihren Schüler:innen handlungsorientiert nahezubringen.

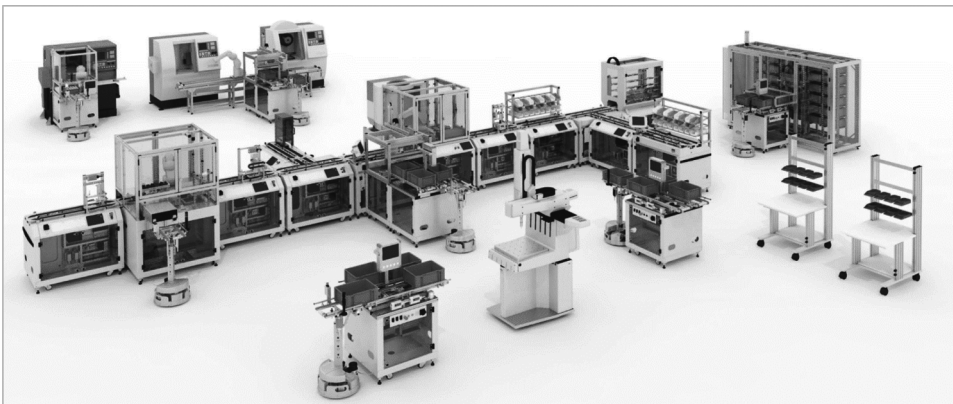
---

1 siehe <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/digital-made-in-de/digitalpakt-schule-1546598>

2 siehe <https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/innovation/schluesselfabrik/industrie-40/lernfabrik-40/>

## 2 „Lernfabrik 4.0“ am Beispiel der Carl-Benz-Schule in Gaggenau

Eine Lernfabrik 4.0 ist im Wesentlichen der labormäßige Nachbau einer industriellen Automatisierungsanlage, der alle praxisrelevanten Komponenten in einer räumlich überschaubaren „Smart Factory“ enthält. So wird in der Lernfabrik der Firma Festo Didactic an der Carl-Benz-Schule in Gaggenau die vollautomatische Fertigung von Gehäusen für Mobiltelefone exemplarisch nachgebildet: Die Gehäuseschalen werden dem Lager entnommen, mit Platinen in unterschiedlichen Optionen bestückt, gefräst, gebohrt, zusammengepresst, miteinander verklebt, in einem Ofen getrocknet, zur Qualitätssicherung mit Kameras überprüft und als Endprodukt im Lager abgelegt. Damit steht den Schüler:innen eine hochmoderne, physisch greifbare Lernumgebung zur Verfügung, in der sie den Umgang mit vernetzten modularen Produktionssystemen einüben und sich so auf die digitale Arbeitswelt vorbereiten können.

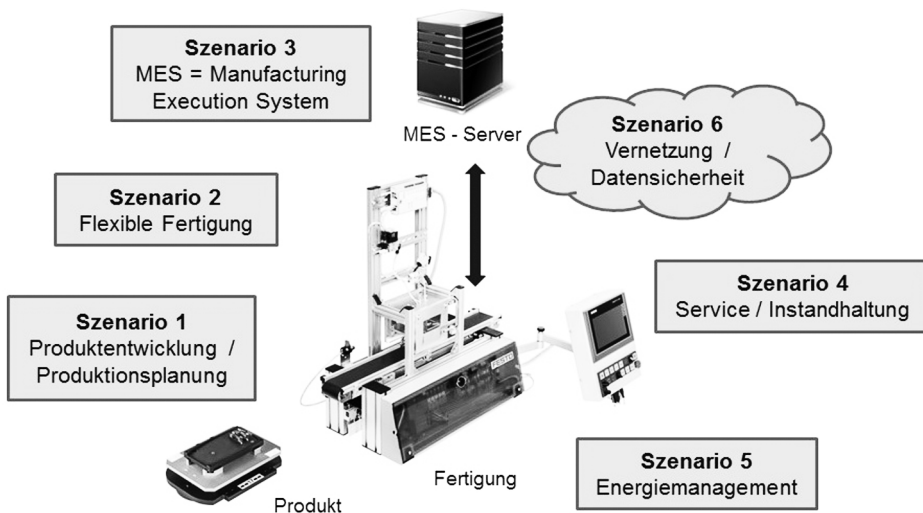


**Abbildung 1:** Aufbau einer Industrie-4.0-Lernfabrik der Firma Festo Didactic (festo didactic)

Bereits vor ihrer Antragstellung auf die Einrichtung einer Lernfabrik widmete sich die Carl-Benz-Schule der Frage, wie Lehrer:innen für einen Unterricht in dieser neuen Lernumgebung weitergebildet werden können. Der Schulleiter nahm deshalb Kontakt auf mit der Direktorin des Seminars für Ausbildung und Fortbildung der Lehrkräfte Karlsruhe (Berufliche Schulen) und schloss mit ihr eine Kooperationsvereinbarung. Der Landkreis Rastatt, der als Schulträger für den Erwerb der Lernfabrik zuständig war, erklärte sich mit dieser Kooperation einverstanden. Damit kann das Seminar die Lernfabrik der Carl-Benz-Schule seit ihrer Fertigstellung 2017 für die Ausbildung der angehenden Lehrer:innen zum Thema Industrie 4.0 nutzen.

### 3 Lehrerbildung für das Thema Industrie 4.0

In der Lernfabrik ist – wie in realen Industrie-4.0-Anlagen – nicht nur der Automatisierungsgrad gegenüber der herkömmlichen Fertigung deutlich erhöht, sondern auch der vertikale und horizontale Datenaustausch aller Komponenten untereinander. Diese komplexe Materie muss letztlich den Schüler:innen verschiedener gewerblich-technischer Berufsfelder im Unterricht vermittelt werden. Ein Ziel ist dabei die Vertiefung ihrer Fachkompetenz beispielsweise in den Bereichen Datenverarbeitung, Elektrotechnik, Netzwerktechnik oder Automatisierungstechnik. Doch mindestens genauso wichtig ist es, die für Industrie 4.0 erforderlichen überfachlichen Kompetenzen zu fördern; Beispiele dafür sind interdisziplinäres Denken und Handeln, bereichsübergreifendes Prozessverständnis oder ausgeprägte Problemlösekompetenz. Hierzu bedarf es innovativer didaktischer Konzepte. Eine gute erste Hilfestellung bietet dazu die Handreichung *„Industrie 4.0 – Umsetzung im Unterricht für berufliche Schulen“*, die das Landesinstitut für Schulentwicklung Baden-Württemberg 2016 herausgab (vgl. Landesinstitut 2016).



**Abbildung 2:** Umsetzungsstrategie für das Thema Industrie 4.0 an beruflichen Schulen (Landesinstitut 2016, S. 7, verändert und ergänzt)

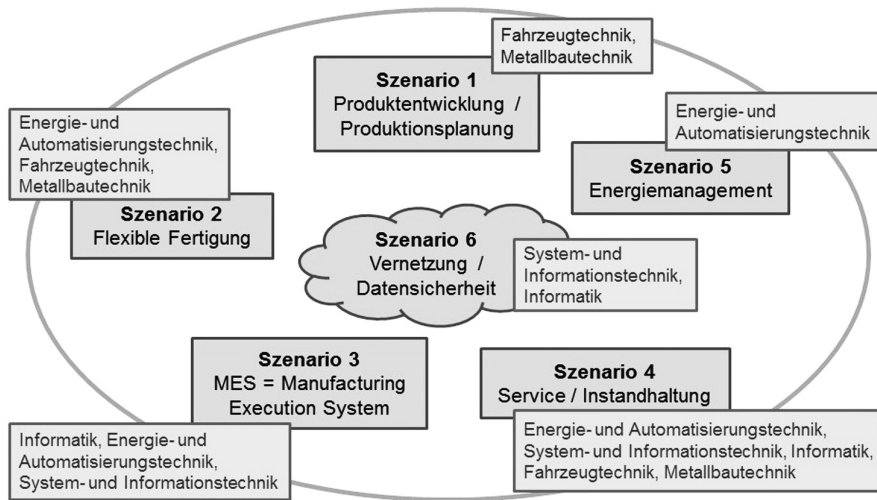
Das Thema Industrie 4.0 ist für viele unterschiedliche Berufsfelder und Ausbildungsberufe hoch relevant. An gewerblichen Schulen sind dies beispielsweise die Berufsschulen in den Berufsfeldern Metalltechnik, Elektrotechnik und IT sowie die entsprechenden Fachschulen, aber auch gewerblich-technische Berufskollegs und Technische Gymnasien. In diesen Bildungsgängen kommt den oben dargestellten Szenarien nachvollziehbarerweise eine jeweils unterschiedlich große Bedeutung zu, wie Abbildung 3 zeigt.

Szenarien	Szenario 1			Szenario 2			Szenario 3			Szenario 4			Szenario 5			Szenario 6		
Anforderungsbereiche	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<b>Berufe und Schulart</b>																		
Industriemechaniker	X			X						X			X					
Produktionstechnologe	X				X		X			X			X			X		
Mechatroniker	X				X		X			X			X			X		
Elektroniker Automatisierungstechnik	X				X			X		X				X			X	
Elektroniker Betriebstechnik				X						X			X			X		
Fachinformatiker	X							X		X								X
Fachschule Metalltechnik			X		X		X				X		X			X		
Fachschule Elektrotechnik		X				X			X			X			X		X	
Fachschule Automatisierungst./Mechatronik		X				X		X				X			X		X	
Fachschule Informationstechnik		X							X	X			X					X
Gewichtung: 1 = mäßig wichtig, 2 = wichtig, 3 = sehr wichtig																		

**Abbildung 3:** Bedeutung der identifizierten sechs Szenarien für verschiedene gewerblich-technische Ausbildungsberufe bzw. Bildungsgänge (Landesinstitut 2016, S. 7)

Daraus lässt sich ableiten, dass sowohl Wissenschaftliche Lehrkräfte mit den Fächern Energie- und Automatisierungstechnik, System- und Informationstechnik, Fertigungstechnik und Informatik, aber auch Technische Lehrkräfte<sup>3</sup> mit Elektrotechnik und mit Metall- und Kunststofftechnik künftig fachliche und fachdidaktische Kompetenz zum Thema Industrie 4.0 benötigen. Hier setzt nun die Idee der Kooperation der Carl-Benz-Schule Gaggenau mit dem Beruflichen Seminar Karlsruhe an: Angehende Lehrer:innen erarbeiten in der Lernfabrik 4.0 bereits während ihrer Seminarbildung die erforderlichen didaktischen Konzepte und Unterrichtssettings. Diese können sie dann an ihrer jeweiligen beruflichen Schule im Unterricht umsetzen – idealerweise wieder in einer Lernfabrik 4.0, wenn diese an ihrer Schule eingerichtet ist, oder in entsprechenden Labors und Werkstätten.

3 Technische Lehrkräfte erteilen fachpraktischen Unterricht in den Werkstätten und Labors der Beruflichen Schulen.



**Abbildung 4:** Fächer bzw. Fachdidaktiken in der Lehrerausbildung, die von den sechs Szenarien besonders berührt sind (Landesinstitut 2016, S. 7, ergänzt)

## 4 Umsetzung der interdisziplinären Fachdidaktiktage des Beruflichen Seminars Karlsruhe an der Carl-Benz-Schule Gaggenau

Nach umfangreichen Vorarbeiten durch die Fachausbilder:innen des Beruflichen Seminars Karlsruhe fand an der Carl-Benz-Schule Gaggenau erstmals im Juli 2017 eine zweitägige Fachdidaktikveranstaltung zu Industrie 4.0 statt; 2018 und 2019 wiederholten die Seminarausbilder:innen diese Fachdidaktiktage mit den darauffolgenden Kursen. Insgesamt nahmen bisher rund 100 angehende wissenschaftliche und technische Lehrkräfte folgender gewerblicher Fachrichtungen daran teil:

Das gewählte interdisziplinäre Setting dient dazu, die Unterrichtsinhalte der verschiedenen Ausbildungsberufe und Bildungsgänge zu vernetzen und das fächerübergreifende Denken und Handeln zu fördern – zwei Kernanforderungen von Industrie 4.0. Das Ziel der zweitägigen, bundesweit wohl bislang einzigartigen Lehrveranstaltung ist es,

- unter den Beteiligten ein gemeinsames Verständnis von Industrie 4.0 zu schaffen,
- sich mit der Komplexität der Lernfabrik vertraut zu machen,
- die erforderliche fachliche Basis aufzubauen und z. B. spezifische Fachbegriffe gemeinsam zu klären,
- fachdidaktische Aspekte der Lernfabrik zu beleuchten,
- Umsetzungsideen für den Unterricht an beruflichen Schulen zu entwickeln und
- erste Konzepte für den jeweiligen Fachunterricht zum Thema Industrie 4.0 zu erarbeiten.



Tabelle 1: Teilnehmende und berufliche Schwerpunkte der bisherigen Kurse 2017–2019

Fachdidaktiken Teilnehmende	Energie- und Automatisie- rungstechnik	System- und Informations- technik	Fertigungs- technik	Informatik	Elektro- technik	Metall- und Kunststoff- technik
Referendare	X	X	X	X		
Direkt einsteigende Wissenschaftliche Lehrkräfte	X	X	X	X		
Direkt einsteigende Technische Lehrkräfte					X	X
Seminarausbilder	X	X	X	X	X	X

Die Arbeitsgrundlage der Fachdidaktiktage bildet dabei eine praxisnahe Lernsituation, die ein Problem aus dem beruflichen Umfeld aufgreift: Der Trocknungs-Ofen der Lernfabrik soll um ein Cyber-Physisches-System (= CPS) – konkret einen „intelligenten“ Temperatursensor – erweitert werden. Dieser wird im Vorfeld von den angehenden Lehrkräften gemeinsam mit ihren Seminarausbildern entwickelt. Die vom Sensor im Trocknungs-Ofen ermittelten Temperaturdaten sollen automatisch allen anderen Komponenten der Lernfabrik zur Verfügung gestellt und von diesen weiterverarbeitet werden.

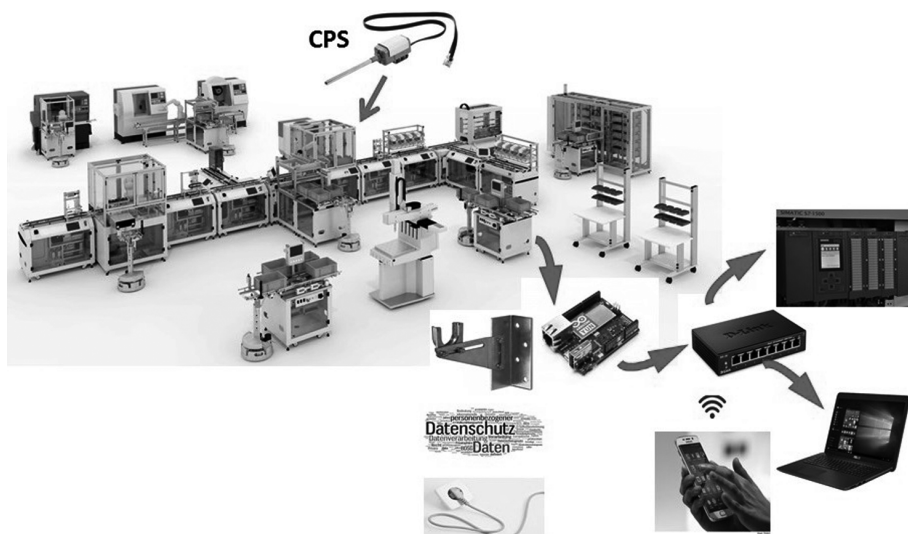
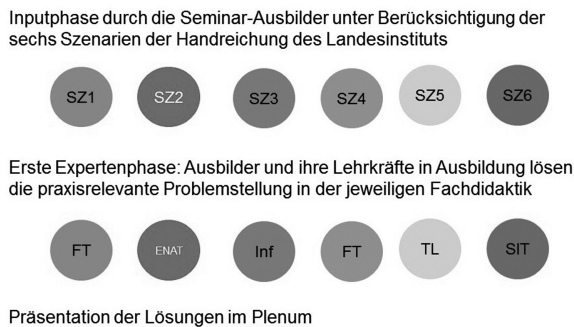


Abbildung 5: Erweiterung der Lernfabrik um einen intelligenten Temperatursensor (= CPS) für den Trocknungs-Ofen (festo didactic, ergänzt)

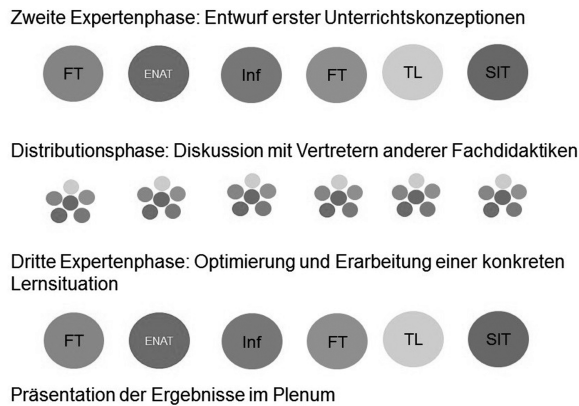
Während der beiden Veranstaltungstage ergänzen sich fachliche und fachdidaktische Inputphasen durch die Seminaerausbilder:innen und Gruppenarbeits- bzw. Präsentationsphasen der angehenden Lehrkräfte:

Der erste Tag startet mit einer Inputphase durch die Seminaerausbilder, bei der sie in die Thematik einführen, mit der Lernfabrik vertraut machen und die sechs Szenarien aus der Handreichung des Landesinstituts vorstellen. In einer ersten Expertenphase arbeiten die angehenden Lehrer:innen in der jeweiligen Fachdidaktik zusammen; sie analysieren gemeinsam die Lernfabrik, planen die mechanische Integration des Sensors in den Trocknungs-Ofen, setzen diese um und binden den Sensor in die Netzwerkinfrastruktur der Lernfabrik ein. Dabei muss die Energieversorgung des Sensors und die Verarbeitung und Visualisierung der Sensordaten unter Einhaltung der technischen Vorschriften gewährleistet werden. Um die durchgeführte Änderung an der Lernfabrik jederzeit nachvollziehen zu können, wird sie anschließend dokumentiert. Mit der Präsentation der jeweiligen fachlichen Lösungen endet der erste Tag.



**Abbildung 6:** Ablauf des ersten Tages

Am zweiten Tag entwickeln die angehenden Lehrer:innen Unterrichtskonzepte, in denen sie die praxisrelevante Problemstellung und deren Lösung für ihr jeweiliges Berufsfeld didaktisch aufbereiten. In ihren Unterrichtssettings greifen sie immer auch den fächerübergreifenden Aspekt des Themas Industrie 4.0 auf. Neben dem vernetzten Denken soll der geplante Unterricht das Prozessverständnis und die Problemlösekompetenz der Schüler:innen fördern. Die Arbeit ist dabei als „Gruppenpuzzle“ organisiert: Basierend auf den Erfahrungen des Vortages erarbeiteten die Teilnehmer:innen zunächst in Expertengruppen erste Unterrichtskonzepte, über die sie sich anschließend mit neuen Gruppenmitgliedern aus anderen Fachdidaktiken austauschen (Distributionsphase). Die Diskussion in fachdidaktisch gemischten Gruppen bringt erfahrungsgemäß viele neue Ideen, die in die jeweiligen Expertengruppen mitgenommen werden und dort dazu dienen, die Unterrichtskonzepte zu optimieren und konkrete Unterrichtsentwürfe zu planen. In der abschließenden Präsentationsphase stellen die angehenden Lehrer:innen der verschiedenen Fachdidaktiken ihre Unterrichtsentwürfe im Plenum vor.



**Abbildung 7:** Ablauf des zweiten Tages

## 5 Resümee der interdisziplinären Fachdidaktiktag 2017 bis 2019

Mit den beiden Fachdidaktiktagen zu Industrie 4.0 betraten die Ausbilder:innen des Beruflichen Seminars Karlsruhe Neuland. Das Konzept der beiden Tage war sehr anspruchsvoll: Jeweils rund 30 angehende Wissenschaftliche und Technische Lehrer:innen mit unterschiedlichen Fächern, acht Fachdidaktik-Ausbilder, eine anspruchsvolle praxisnahe Aufgabenstellung, ein komplexes didaktisches Setting und das alles in einer hoch vernetzten Lernumgebung. Doch bereits die erste Durchführung gelang und das angestrebte Ziel, die Erstellung eigener Unterrichtsentwürfe, wurde erreicht.

Die Rückmeldung der Teilnehmer:innen der ersten Fachdidaktiktag 2017 zeigte folgendes Bild: Die angehenden Lehrkräfte mit den Fächern Energie- und Automatisierungstechnik, System- und Informationstechnik, Informatik und Elektrotechnik äußerten hohe Zufriedenheit. Für die Teilnehmenden mit den Fächern Fertigungstechnik und Metall- und Kunststofftechnik war das Veranstaltungssetting 2017 teilweise weniger günstig: Für sie steht nicht der Eingriff in die Steuerung und Vernetzung einer Industrie-4.0-Anlage im Vordergrund, sondern die ganzheitliche Betrachtung der dort ablaufenden Produktionsprozesse und deren Qualitätssicherung. Auch die Seminarausbilder:innen sahen Verbesserungsbedarf: Der Fokus sollte noch stärker auf die Erarbeitung von Unterrichtsentwürfen gerichtet und die Teilnehmenden dabei noch intensiver unterstützt werden.

Bei der Konzipierung der Fachdidaktiktag 2018 wurden diese Anregungen berücksichtigt. Bei der Vorbereitung der Veranstaltung glichen die Seminarausbilder:innen der verschiedenen Fachdidaktiken ihre Vorgaben zu den Unterrichtsentwürfen ab und klärten ihre Erwartungen dazu. So konnten sie die Lernsituation und die dazugehörigen Arbeitsaufträge für den zweiten Tag klarer kommunizieren und

die angehenden Lehrkräfte zielgerichteter unterstützen. Darüber hinaus erhielten die angehenden Fertigungstechnik-Lehrkräfte eine veränderte Aufgabenstellung: Am ersten Tag sollten sie ein Fertigungskonzept für den gesamten Produktionsprozess in der Lernfabrik 4.0 erstellen, dabei die Fertigungszeiten und mögliche Engpassstellen berücksichtigen und Optimierungsmöglichkeiten – auch hinsichtlich der Produktqualität – erarbeiten. Das Weiterdenken hat sich gelohnt: Bei der abschließenden Befragung äußerten die Teilnehmenden der Fachdidaktiktage 2018 übereinstimmend eine sehr große Zufriedenheit, sodass das Konzept 2019 fast unverändert fortgeführt wurde.

Auch die beteiligten Seminarausbilder:innen betrachten die interdisziplinären Fachdidaktiktage als großen Gewinn. Ihre Vorbereitung erforderte zwar – vor allem in den ersten beiden Jahren – sehr viel Zeit, hohe Kreativität und umfangreiche Abstimmungsprozesse. Doch die enge kollegiale Zusammenarbeit über die Grenzen der eigenen Fachdidaktik hinwegbrachte nicht nur den angehenden Lehrkräften, sondern auch den Ausbilder:innen einen Zugewinn an interdisziplinärem Denken und Handeln, fachübergreifendem Prozessverständnis und Problemlösekompetenz. Das Berufliche Seminar Karlsruhe wird die interdisziplinären Fachdidaktiktage als festen Ausbildungsbestandteil künftig jedes Jahr anbieten.

Ausschlaggebend für ihren Erfolg ist neben dem hohen Engagement der Seminarausbilder:innen die hervorragende Zusammenarbeit zwischen dem Beruflichen Seminar und der Carl-Benz-Schule. Ohne enge Abstimmung bei der Vorbereitung und Durchführung ist diese Form der ausgelagerten Fachdidaktik nicht möglich. An dieser Stelle ein ganz herzlicher Dank an OStD Volker Bachura, Schulleiter der Carl-Benz-Schule Gaggenau, und alle involvierten Lehrkräfte seiner Schule.

## 6 Ausblick

Je mehr sich das Berufliche Seminar Karlsruhe mit Industrie 4.0 befasst, desto klarer wird: Das Thema kann aufgrund seiner Tragweite nicht auf die Ausbildung von Lehrkräften mit gewerblich-technischen Fächern beschränkt bleiben. Industrie 4.0 wird die Strukturen und Organisationsformen in den Betrieben, die Zahl und Gestaltung von Arbeitsplätzen und damit letztlich die gesamte Arbeitswelt nachhaltig verändern. Diese Veränderungen und ihre möglichen Konsequenzen für die Ausbildung von Lehrer:innen beruflicher Schulen sollen zum Abschluss beispielhaft kurz angerissen werden:

Industrie 4.0 hat Auswirkungen auf die gesamte Prozesskette vom Auftragseingang über die Materialbeschaffung und die Fertigung bis zur Auslieferung und Rechnungsstellung. Eine logische Folge sind veränderte Geschäftsprozesse, die vom kaufmännischen Fachpersonal ein erweitertes Wissen und Können erfordern. Dies betrifft beispielsweise auch die Berufsausbildungen Industriekauffrau/-mann, Fachkraft für Lagerlogistik und Kauffrau/-mann im Groß- und Außenhandel. Hohe Relevanz kommt dem Thema Industrie 4.0 auch im Wirtschaftsgymnasium zu.

Die Kaufmännischen Schulen haben dies erkannt und reagiert. Unter den 21 vom Wirtschaftsministerium 2018 geförderten Standorten für Lernfabrik-4.0-Anlagen sind zehn Kooperationen von Gewerblichen und Kaufmännischen Schulen. Die Carl-Benz-Schule Gaggenau hat auch hier wieder frühzeitig reagiert und kooperiert bei der Nutzung der Lernfabrik künftig auch mit der Handelslehranstalt Rastatt. Ihr gemeinsames Ziel ist es, gewerbliche und kaufmännische Berufsausbildungen im Kontext von Industrie 4.0 zu vernetzen. Parallel dazu plant das Berufliche Seminar Karlsruhe, die Lernfabrik künftig auch für die Ausbildung kaufmännischer Lehrer:innen zu nutzen.

Mit der beschleunigten Digitalisierung und dem Internet der Dinge werden sich nicht nur die Anzahl und die Qualifizierungsanforderungen vieler Arbeitsplätze, sondern auch ihre soziale Gestaltung und ihre Kommunikationsabläufe verändern. Das gilt absehbarerweise für nahezu alle Bereiche – von der industriellen Fertigung über die Verwaltung und Beratung bis hin zu Pflege und Gesundheit. Damit stellt sich immer stärker die Frage, wie wir als Gesellschaft künftig leben und arbeiten wollen. Welche Auswirkungen haben die mit den technologischen Entwicklungen einhergehende Beschleunigung und Effizienzsteigerung, die ja vorrangig den legitimen Interessen der Wirtschaft dienen, auf die Arbeitnehmer:innen, die Kunden und die Gesellschaft? Können wir akzeptieren, dass die immer schnelleren Produktionszyklen und die damit verbundene immer kürzere Nutzungsdauer der Produkte negative Auswirkungen auf die Umwelt haben? Welchen Einfluss hat die zunehmende Automatisierung auf die soziale Interaktion am Arbeitsplatz und zwischen Mitarbeiter und Kunde? Werden auch Berufsfelder, die bisher geprägt sind von Fürsorge und emotionaler Bindung, künftig von einer entpersönlichten Mensch-Maschine- oder Mensch-Website-Kommunikation dominiert?

Diese berufsethischen Fragen erfordern eine kritische Reflexion und eine konstruktive Gestaltung. Die Lehrer:innen an den beruflichen Schulen werden sich – quer über alle Bildungsgänge und Fächer – in ihren jeweiligen Unterrichtsinhalten und in der Diskussion mit ihren Schüler:innen mit diesen Themen auseinandersetzen müssen. Es ist Aufgabe der Seminare, sie darauf vorzubereiten.

## Literatur

Landesinstitut für Schulentwicklung (Hrsg.; 2016): Industrie 4.0 - Umsetzung im Unterricht. Szenarien zu Industrie 4.0 mit handlungsorientierten Aufgabenstellungen. Stuttgart 2016. Online: [https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/berufliche-schularten/schulartuebergreifend/industrie\\_4.0](https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/berufliche-schularten/schulartuebergreifend/industrie_4.0).

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Aufbau einer Industrie-4.0-Lernfabrik der Firma Festo Didactic . . . . .	63
Abb. 2	Umsetzungsstrategie für das Thema Industrie 4.0 an beruflichen Schulen . . .	64
Abb. 3	Bedeutung der identifizierten sechs Szenarien für verschiedene gewerblich-technische Ausbildungsberufe bzw. Bildungsgänge . . . . .	65
Abb. 4	Fächer bzw. Fachdidaktiken in der Lehrerausbildung, die von den sechs Szenarien besonders berührt sind . . . . .	66
Abb. 5	Erweiterung der Lernfabrik um einen intelligenten Temperatursensor (= CPS) für den Trocknungssofen . . . . .	67
Abb. 6	Ablauf des ersten Tages . . . . .	68
Abb. 7	Ablauf des zweiten Tages . . . . .	69

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Teilnehmende und berufliche Schwerpunkte der bisherigen Kurse 2017–2019	67
--------	---	----

## Autorin



Professorin Susanne Thimet, Direktorin des Seminars für Ausbildung und Fortbildung der Lehrkräfte Karlsruhe (Berufliche Schulen),  
[Susanne.Thimet@seminar-bs-ka.kv.bwl.de](mailto:Susanne.Thimet@seminar-bs-ka.kv.bwl.de)

# Berufliche Qualifizierung 4.0 – Konzepte und Ziele für die gewerblichen Berufe

HARTMUT MÜLLER, FOLENE NANNEN-GETHMANN

## Abstract

Digitalisierung und die umfassende Vernetzung im Arbeits- und Privatleben stellen die allgemeine und berufliche Bildung vor große Herausforderungen. Bisher gibt es dafür weder einheitliche curriculare Vorgaben noch eine entsprechende digitale Ausstattung der Schulen.

Die Entwicklung eines Qualifizierungs- und Fortbildungskonzepts für das Land Nordrhein-Westfalen (NRW) greift den Bedarf an kompetenten und handlungsfähigen Lehrkräften für die digitale Zukunft auf und nutzt dabei Ergebnisse aus dem europäischen Erasmus+ Projekt Strategische Partnerschaften „Vocational Education and Training in the Working World 4.0“ (VET 4.0). Das Projekt befasste sich mit den Veränderungen der Arbeitswelt in den Bereichen Elektrotechnik und Mechatronik und den damit einhergehenden Veränderungen der Kompetenzanforderungen für Lernende und Lehrende. Wesentliche Projektergebnisse und Konsequenzen für die berufliche Bildung im digitalen Wandel werden vorgestellt.

Digitalization and comprehensive networking in working and private life pose major challenges for general education and vocational education and training. So far, there are neither uniform curricular requirements nor appropriate digital equipment for schools.

The development of a qualification and further training concept for the state of North Rhine-Westphalia takes up the need for teachers who are competent and able to act for the digital future and uses results from the European Erasmus + project Strategic Partnerships "Vocational Education and Training in the Working World 4.0" (VET 4.0). The project dealt with the changes in the working world in the fields of electrical engineering and mechatronics and the associated changes in competence requirements for learners and teachers. Essential project results and consequences for vocational education and training in digital change will be presented.

## Einleitung/Problemstellung

Die fortschreitende Digitalisierung bzw. die in Deutschland als Industrie 4.0 bezeichnete Entwicklung verlangt neue Qualifikationen bei Fachkräften, Auszubildenden und Auszubildenden sowie Berufsschullehrkräften. Es sind Anpassungen in der beruflichen Ausbildung und damit verbunden auch der Lehrkräfteaus- und -fortbildung erforderlich. Dabei gibt es derzeit große Unterschiede innerhalb und zwischen

verschiedenen Sektoren sowie zwischen verschiedenen Ländern und Regionen bezüglich der Anpassungsmaßnahmen an die Anforderungen der Arbeitswelt 4.0.

In den Berufsschulen findet bereits jetzt eine kreative Alltagsbewältigung statt, die mit jeweils sehr unterschiedlicher infrastruktureller und gerätemäßiger Ausstattung Wege sucht, um die Schüler:innen auf die Anforderungen einer Arbeitswelt 4.0 schon jetzt vorzubereiten und mit den betrieblichen Lernortpartnern zu kooperieren.

Welche Impulse dafür das Erasmus + geförderte transnationale Projekt „Vocational Education and Training in the Working World 4.0“ (VET 4.0) gegeben hat, wird im Folgenden dargestellt, ebenso wird ein Ausblick auf entsprechende Qualifizierungs- und Fortbildungsaspekte in Nordrhein-Westfalen gegeben.

## 1 Das Projekt VET 4.0

Das Projekt „Vocational Education and Training in the Working World 4.0“ befasste sich von 2016 bis 2018 mit den Veränderungen der Arbeitswelt in den Bereichen Elektrotechnik und Mechatronik und den damit einhergehenden Veränderungen der Kompetenzanforderungen für Lernende und Lehrende. Insgesamt waren am Projekt neun in der Berufsbildung aktive Partnerinstitutionen aus acht Ländern (DE, ES, FI, IT, LT, NL, PL, SE) sowie vier Berufskollegs aus dem Regierungsbezirk Köln beteiligt. Eine vorbereitende Studie wurde vom Centre for Vocational Education and Research der Vytautas Magnus Universität in Kaunas, Litauen, erstellt (vgl. <http://vet-4-0.eu>).

Das Projekt gliederte sich in fünf Schritte:

1. eine Analyse der Veränderungen der Arbeitswelt in den Bereichen Elektronik und Mechatronik und deren Auswirkungen auf die berufliche Bildung
2. die Entwicklung einer Kompetenzmatrix zu den sich ändernden Kompetenzanforderungen von Fachkräften
3. die Entwicklung einer Kompetenzmatrix zu den sich ändernden Kompetenzanforderungen des Bildungspersonals
4. die Entwicklung exemplarischer Lernmodule für Auszubildende
5. die Entwicklung darauf abgestimmter Fortbildungseinheiten für das Lehrpersonal.

Die wichtigsten Ergebnisse sowie weitere Einzelheiten, insbesondere die verschiedenen Module, sind auf der Projektwebseite [www.vet-4-0.eu](http://www.vet-4-0.eu) zu finden.

### 1.1 Veränderungen der Arbeitswelt in den Bereichen Elektronik und Mechatronik

Mittels eines Studiums der aktuellen Literatur zum Thema sowie einer nicht-repräsentativen Untersuchung in den beteiligten Partnerländern (vgl. <http://vet-4-0.eu/CompetencesProfile.html>) wurden folgende Veränderungen herausgefunden:

Durch die Digitalisierung, insbesondere die Vernetzung und Virtualisierung mittels cyberphysikalischer Systeme (CPS), verschmelzen reale und virtuelle Produktionsprozesse in der Industrie sowie handwerkliche Installations-, Service- und



Überwachungsprozesse. Eine horizontale Integration von Wertschöpfungsketten und eine vertikale Integration von Produktionssystemen werden möglich, beispielsweise können alle Produktions- und Logistikprozesse integriert und vernetzt werden. Durch die Echtzeitanalyse aller Daten ergeben sich neue Möglichkeiten der Qualitätssicherung mit dem Ziel einer Null-Fehler-Produktion bzw. selbstoptimierender Produktions- und Qualitätsprozess.

Insgesamt können die Qualität gesteigert, die Ressourcennutzung optimiert, die Kundenorientierung verbessert sowie die Effizienz gesteigert werden. Eine flexible und dezentrale Steuerung von Produktionsprozessen ermöglicht eine direkte Einbindung von Lieferanten, Kund:innen, Anwender:innen sowie der Verwaltung. Dadurch kann die Auftragsabwicklung optimiert werden. Eine Kooperation zwischen allen Ebenen und Mitarbeitenden sowie mit den technologischen Betriebssystemen wird erforderlich und die Kooperation zwischen Mensch und Roboter bzw. Maschine nimmt zu.

Hierdurch ergeben sich Veränderungen der Arbeitsorganisation, insbesondere durch die Delegation von Verantwortung auf die Prozessebene. Gleichzeitig entstehen neue Herausforderungen beim Datenmanagement, insbesondere bezüglich Datenschutz und Datensicherheit.

In der Untersuchung finden sich folgende weitere Aspekte, die in Abhängigkeit realer Unternehmensbedingungen zum Teil noch nicht implementiert sind:

Digitalisierung und Visualisierung von Produktionsprozessen, Steuerung von Workflows durch ERP-Systeme, Arbeitsplatzassistenzsysteme in Form von Virtual- und Augmented-Reality, CPS-Tools, Auswertung und Nutzung von Massendaten, Simulationstechnologien, Cloud-Dienste, Groupware.

Erwartet wird die Entstehung neuer Tätigkeitsfelder im Zusammenhang mit der Digitalisierung von Arbeitsprozessen. Dabei bleiben das Lösen von Problemen und die Beseitigung von Störungen weiterhin die Aufgaben von Fachkräften, deren Qualifikationen sich weiterentwickeln müssen.

## **1.2 Folgen für die berufliche Bildung**

Bei der Analyse der Folgen der vierten industriellen Revolution auf die berufliche Bildung lassen sich Auswirkungen auf die Gestaltung der Curricula, die Organisation des Ausbildungsprozesses, die Didaktik der Ausbildung und die Kompetenzfeststellung skizzieren.

Aufgrund der zunehmend integrativen und komplexen Arbeits- und Geschäftsprozesse müssen Auszubildende Kompetenzen zum Umgang mit Komplexität entwickeln, das Arbeiten in vernetzten Prozessen lernen sowie die Fähigkeit zu interdisziplinärer Kooperation und interaktiver Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine erwerben.

Gleichzeitig sollte, was allerdings in der Berufsbildung in Deutschland mit dem Bildungsauftrag lange verbunden ist, ein Fokus auf die Entwicklung von Verantwortungsbewusstsein und Sensibilität für ökologische und soziale Fragen im Zusammenhang mit den technologischen Veränderungen gelegt werden. Die Curricula

sollten flexibel gestaltet werden, damit auf dynamisch wechselnde Qualifikationsanforderungen schnell reagiert werden kann.

Für die Organisation des Unterrichts sind reale und/oder simulierte technologische Umgebungen notwendig, die in der Lage sind, technische und betriebswirtschaftliche Aufgaben zu verbinden und komplexe Arbeits- und Technologieprozesse abzubilden. Lernnetzwerke von Lernenden und Lehrenden in Schulen und Betrieben sowie z. B. mit technischem und betriebswirtschaftlichem Personal aus Unternehmen sind aufzubauen. Dabei sollten die Lernenden in der Organisation ihrer Lern- und Arbeitsprozesse, auch durch den Einsatz virtueller Umgebungen, ausgebildet und zu kritischer Reflexionsfähigkeit für die Mitgestaltung der Arbeitswelt befähigt werden.

Didaktisch sind – ebenfalls keineswegs neu – arbeitsprozess- und problembasierte Lernmethoden zur Förderung und Unterstützung selbstorganisierten Lernens weiterzuentwickeln, basierend auf einer umfassenden Analyse der Technologie- und Arbeitsprozesse. Gleichzeitig sind teamorientierte Lernansätze und -methoden durch die Einbeziehung von Auszubildenden, Expert:innen sowie Wissens- und Informationssystemen zu fördern. Die didaktische Analyse wird aufgrund schnellerer und komplexerer Veränderungen eine Daueraufgabe für Lehrkräfte und Ausbilder:innen sein.

Neue Bewertungs- und Analysemethoden zur Kompetenzentwicklung sowie ihre reflektierte Anwendung werden durch zunehmenden Einsatz softwaregestützter Assessmenttools notwendig.

## **2 Entwicklung einer Kompetenzmatrix zu den sich ändernden Kompetenzanforderungen der Fachkräfte**

Als Projektziel wurde eine Matrix entwickelt, die die ergänzenden Kompetenzbereiche und Entwicklungsstufen für die Bildungsgänge der Elektrotechnik und Mechatronik auf der Basis von Arbeitsprozessen darstellt. Zu den ergänzenden Kompetenzbereichen (vertikale Gliederung der Matrix) zählen:

- Installation und Inbetriebnahme cyberphysischer Systeme (CPS),
- Instandhaltung, Betrieb und Monitoring von digitalisierten Anlagen und vernetzten Systemen,
- Planung sowie Organisation von Arbeitsprozessen in vernetzten Prozessketten.

Das Anforderungsprofil (horizontale Gliederung der Matrix) nimmt in Entwicklungsstufen vom Einfachen zum Komplexen zu („Er/Sie kann große Datenmengen/Massendaten (Big Data) der Produktion abrufen, mithilfe geeigneter Algorithmen aufbereiten und bewerten sowie vorbeugende Wartungsmaßnahmen ableiten“). Die Kompetenzmatrix (vgl. <http://vet-4-0.eu/students-matrix.html>) lässt sich sowohl für die schulische Ausbildung in Ergänzung zu bestehenden Ordnungsmitteln als auch für die Gestaltung von Zusatzqualifikationen nutzen.

### **3 Entwicklung einer Kompetenzmatrix zu den sich ändernden Kompetenzen des Bildungspersonals**

In der Kompetenzmatrix für das Bildungspersonal werden folgende Bereiche erweitert bzw. verändert:

- Didaktische Planungen entwickeln, umsetzen und dokumentieren
- Selbstorganisierte Lernprozesse planen und methodisch gestalten
- Kommunizieren und kooperieren mit digitalen Werkzeugen
- Lernprozesse, deren Ergebnisse und den Erfolg der Lernenden analysieren und evaluieren.

Für die Aus-, Fort- und Weiterbildung des Lehrpersonals ergeben sich Bedarfe bezüglich der Erweiterung der professionellen fachlichen Kompetenzen, der Medienkompetenz, des Anwendungs-Know-hows sowie der IT-Grundkenntnisse. Diese Bedarfe betreffen grundsätzlich alle Bildungsgänge in der beruflichen Bildung, im Rahmen des Projektes lag der Fokus dabei auf den Bildungsgängen Elektronik und Mechatronik. Die konkreten ergänzten Kompetenzen sind in der Kompetenzmatrix in Tabelle 1 beschrieben.

Tabelle 1: Kompetenzmatrix Bildungspersonal Arbeitswelt 4.0

Kompetenzmatrix Bildungspersonal Arbeitswelt 4.0				
Kompetenzbereiche	1. Professionelle Kompetenzen 4.0	2. Medienkompetenz	3. Anwendungs-Know-how	4. IT Grundkenntnisse
A. Didaktische Jahresplanungen entwickeln, umsetzen und dokumentieren	<p>1.1. Systemrelevante technologische und organisatorische Veränderungen im Bereich der Mechatronik und Elektrotechnik identifizieren und sie didaktisch für den Unterricht aufbereiten.</p> <p>1.2. Die Möglichkeiten und Risiken der digitalisierten Arbeits- und Geschäftsprozesse evaluieren.</p> <p>1.3. Vernetzte Prozessketten für das Lernen restrukturieren.</p> <p>1.4. Inhalte eingebetteter Systeme einschließlich operativer Systeme im Unterricht berücksichtigen.</p> <p>1.5. Fachkenntnisse im Umgang mit Sensoren, dem Lesen von Informationen und dem Sammeln von Daten vermitteln.</p> <p>1.6. Robotertechnik nutzen, sie programmieren können und Produktionsroboter in verschiedenen technologischen Prozessen kontrollieren können.</p> <p>1.7. Fachkenntnisse zur Einrichtung und Nutzung des Internets der Dinge und von cyberphysischen Systemen vermitteln.</p>	<p>2.1. Für die Anwendung von ICT Medien erforderliche digitale Schlüsselkompetenzen identifizieren und bewerten.</p> <p>2.2. Medienkompetenzen, die bei der Arbeit, im Geschäftsleben und im sozialen Kontext erforderlich sind, identifizieren.</p> <p>2.3. Medientechnische Schlüsselentwicklung planen und gestalten.</p> <p>2.4. Die Zusammenarbeit der Lernenden in einer digitalen Lernumgebung organisieren.</p> <p>2.5. Das Wissensmanagement organisieren.</p>	<p>3.1. Lernmanagementsysteme installieren, konfigurieren und einsetzen.</p> <p>3.2. Spezielle Social Media Systeme installieren und einsetzen.</p> <p>3.3. Spezielle Lernsoftware installieren und einsetzen.</p> <p>3.4. Didaktische Instrumente für kooperatives Lernen auswählen und installieren.</p> <p>3.5. Digitale Lehrpläne für die gemeinschaftliche Nutzung bereitstellen.</p>	<p>4.1. Bürosoftwareanwendungen professionell installieren.</p> <p>4.2. Lernmanagementsysteme einrichten und konfigurieren.</p> <p>4.3. Digitale Anwendungen für lokale Netzwerke zur Verfügung stellen.</p> <p>4.4. Informationen und Daten sicher organisieren, speichern und abrufen.</p>
B. Lernprozesse planen und gestalten.	<p>1.1. Digitale Prozessketten (4.0) für den Lehr- und Lernprozess konzipieren.</p> <p>1.2. Digitale Lehr- und Lernszenarien auswählen, die dazu dienen, problemorientiertes und selbstorganisiertes Lernen zu erleichtern.</p> <p>1.3. Interaktive, virtuelle und individuelle Lernphasen planen und durchführen.</p> <p>1.4. Interaktive Medien zum Lernen und Üben auswählen.</p>	<p>2.1. Digitale Lehr- und Lernszenarien durchführen und evaluieren.</p> <p>2.2. Die benutzten Medien hinsichtlich Zugänglichkeit/ Offenheit, Problemhaltigkeit und Anforderungsniveau prüfen.</p> <p>2.3. Überprüfen, inwiefern die Medien die Entscheidungs- und die Kooperationsfähigkeit sowie die Kreativität fördern.</p>	<p>3.1. Digitale Lernszenarien, -elemente und -formate (Blended und Online Lernen) anwenden.</p> <p>3.2. Digitale Lerninhalte erstellen.</p>	<p>4.1. Audio- und Videodateien integrieren.</p> <p>4.2. Video Tutorials erstellen.</p> <p>4.3. Digitalisierte Inhalte vorbereiten.</p> <p>4.4. Daten externer und interner Quellen in den Unterricht einbeziehen.</p> <p>4.5. Den Schutz von Urheber- und Nutzungsrechten berücksichtigen.</p>
C. Kommunizieren und Kooperieren	<p>1.1. Die interdisziplinäre Kooperation im Lernprozess organisieren.</p> <p>1.2. Den Lernenden Informationen und Daten über interaktive Medien anbieten.</p> <p>1.3. Externen Partnern den Lernprozess kommunizieren, diesen mit ihnen koordinieren und kooperieren.</p> <p>1.4. Die Sicherheit persönlicher und gemeinschaftlich genutzter Daten, die im Arbeits- und Lernprozess benötigt werden, gewährleisten.</p>	<p>2.1. Rechtzeitig und wirksam mit internen (schulischen) und externen Adressaten kommunizieren, unabhängig von deren Ort und Zeit.</p> <p>2.2. Social Media auswählen und pädagogisch bewerten.</p>	<p>3.1. Digitale Kommunikationsinstrumente im Unterricht, Bildungsgang und mit Lernpartnern anwenden.</p> <p>3.2. Elektronisches Klassenbuch führen und Verwaltungsoftware nutzen.</p>	<p>4.1. Schulische Daten erheben und auswerten.</p> <p>4.2. Umfragen und Feedback mit digitalen Instrumente erheben.</p>
D. Lernprozesse, deren Ergebnisse und den Erfolg der Lernenden analysieren und evaluieren	<p>1.1. Den Nutzen und die Relevanz des Medieneinsatzes für die Berufs- und Lebenswelt und das Lernen einschätzen.</p> <p>1.2. Kooperative Online Reflexionsprozesse entwickeln.</p> <p>1.3. Den Initiat und den Einsatz technischer und personeller Ressourcen evaluieren.</p> <p>1.4. Informell und nicht-formal erworbene digitale Fähigkeiten identifizieren können.</p>	<p>2.1. Die Medienkompetenzentwicklung der Lernenden analysieren.</p> <p>2.2. Medientechnologie im Bildungsverlauf analysieren und klassifizieren.</p>	<p>3.1. Formate für Einzel- und Teamleistungen planen und evaluieren.</p> <p>3.2. Online Werkzeuge zur Diagnose und Bewertung der Leistung bei der Arbeit und beim Lernen auswählen und einsetzen.</p> <p>3.3. Die Anforderungen an Persönlichkeits- und Datenschutz und Datensicherheit beachten.</p>	<p>4.1. Daten von Lernprozessen erheben, aggregieren, analysieren und evaluieren (Learning Analytics).</p> <p>4.2. Leistungsbewertungsinstrumente anpassen.</p>

## 4 Entwicklung exemplarischer Lernmodule für Auszubildende

Auf der Basis der Studie wurden Lernmodule für Auszubildende entwickelt und erprobt. Sie sind als didaktische Lerneinheiten zur erfolgreichen Bewältigung der sich ändernden Arbeitsprozesse und -aufgaben gedacht und befassen sich mit exemplarischen Inhalten in vernetzten industriellen und handwerklichen Arbeitsprozessen der Elektrotechnik und Mechatronik. Sie richten sich sowohl an Auszubildende als auch an Lehrende und Auszubildende, die sich für eine digitalisierte und kundenorientierte Produktion und Dienstleistung in der Arbeitswelt 4.0 interessieren.

Alle Module sind nach dem Modell der vollständigen Handlung strukturiert und problemorientiert gestaltet. Sie beinhalten Phasen für die Planung, Umsetzung, Übung sowie Bewertung und Evaluation des Lernprozesses. Auf methodischer Ebene nutzen sie die Möglichkeiten und Werkzeuge, die das Internet und Cloud-Computing bieten, um das Lernen orts- und zeitunabhängig in Fern- und Präsenzsituationen zu unterstützen. Selbstorganisierte Lernprozesse werden gefördert und die Ergebnisse können durch kooperatives und interdisziplinäres Arbeiten erreicht werden. Die Herausforderungen bezüglich Datensicherheit und Datenschutz sind berücksichtigt. Soziale Auswirkungen in neuen Arbeitsorganisationsformen der Arbeitswelt 4.0 werden reflektiert, um mit Strukturwissen individuelle Handlungsoptionen abwägen und eine reflektierte Werthaltung einnehmen zu können.

Ohne hohe Investitionen in die Ausstattung bereiten die Module auf die Arbeit mit automatisierten, echtzeitbasierten und mobilen Prozessen vor, machen mit unterschiedlichen Aufgaben der Arbeitswelt 4.0 vertraut und bilden mehrere 4.0-Felder ab: das Internet der Dinge (Module „Internet of Things – Plant Irrigation“ und „Internet of Things – The Intelligent LED-Sign“), die individualisierte Massenproduktion („Digital Factory for Individualized Mass Products“), die additive Fertigung („Smart and Keen Factory – My Trolley Chip“) und Smart-Home-Anwendungen (Intelligent House 4.0 – Smart Light Control).

Die Module sind exemplarisch für verschiedene Fachbereiche und können vertieft und erweitert werden. Sie eignen sich für sowohl für Blended Learning als auch für das Selbststudium. Sie können unabhängig von spezieller Software oder Lernmaterialanbietern bearbeitet werden und sind auf andere Sektoren übertragbar. Sie können entweder in aktuelle Curricula implementiert oder als Add-on für eine Zusatzqualifikation angeboten werden.

Die Details zu den Modulen finden sich auf der Projektwebseite [www.vet-4-0.eu](http://www.vet-4-0.eu).

## 5 Entwicklung von Fortbildungseinheiten für das Lehrpersonal

Die Module für Lehrer:innen und Ausbilder:innen in der beruflichen Bildung sollen eine Einführung in die Arbeitswelt 4.0 geben. Der Grundgedanke dabei ist, den Kompetenzerwerb an vernetzten und digitalisierten Prozessketten auszurichten.

Wie die Schüler:innen sind auch die Lehrer:innen oder das Ausbildungspersonal gefordert, individuell weiter zu lernen und ihr Selbstlernen mit dem Lernen in einem Team zu organisieren und an realen Arbeitsprozessen auszurichten. Daher sind die Module mit den Modulen für die Auszubildenden didaktisch-methodisch analog organisiert. Lehrer und Ausbilder vollziehen die Lernprozesse selbst nach, die sie zukünftig von den Lernenden erwarten, und identifizieren Lernschwierigkeiten und Herausforderungen. Sie können die bestehenden Module unter Berücksichtigung der eigenen Infrastruktur und sozialen Bedingungen im Team anpassen und weiterentwickeln.

## 6 Berufliche Bildung im digitalen Wandel in NRW

Die Erkenntnisse aus der Entwicklung der Module für die Auszubildenden und für die Lehrkräfte im Rahmen des Projektes flossen in die Arbeit an einem Qualifizierungs- und Fortbildungskonzept für das Land NRW ein, das zeitgleich unter Einbeziehung schulischer Konzepte aus allen Fachbereichen des Berufskollegs in NRW entwickelt wurde und derzeit in der Abstimmungs- und Beteiligungsphase steht. Im Folgenden werden Auszüge zu den Spezifika vorgestellt.

Das didaktisch-methodische Konzept der vollständigen Handlung konkretisiert den über die allgemeinbildende Fachperspektive hinausgehenden Anspruch der beruflichen Bildung. Der Bildungsgangbezug stellt die Grundlage für die Unterrichtsplanung und Durchführung von Lehr-/Lernarrangements und Lernsituationen in den Bildungsgängen des Berufskollegs dar.

Über die Fachebene hinaus und unter Einbeziehung des berufsübergreifenden Lernbereichs sind Änderungen durch die Digitalisierung der Arbeitswelt für den Unterricht didaktisch in den Blick zu nehmen, z. B. mit spezifisch digitalen Arbeitsprozessen sowie für Lernprozesse unter Einbindung digitaler Medien.

Das Digitale als Thema in der Berufsbildung erfordert zusätzlich zur Perspektive des Lernens mit und über Medien die Perspektive der beruflichen Anwendung und deren soziale und gesellschaftliche Implikationen. Medien-, Anwendungs- und Informatikkompetenzen einerseits sowie fachliche und überfachliche Kompetenzen andererseits sind in Hinblick auf die Handlungsfelder von Lehrkräften in den Bildungsgängen zu konkretisieren.

Ausgehend von den Änderungen in Beruf und Gesellschaft werden Szenarien für die Entwicklung digitaler Kompetenzen für Lehrkräfte und Leitungspersonal in

der beruflichen Bildung abzuleiten sein, die in einer handlungsorientierten Form auch im eigenen Unterricht erprobt und reflektiert werden.

Bei der Einführung und Nutzung von Informationssystemen an Berufskollegs werden seit Jahren gemeinsam mit den Schulträgern Lösungen realisiert, die den unterschiedlichen Anforderungen der Bildungsgänge entsprechen.

Zur Integration digitaler Schlüsselkompetenzen ist eine Handreichung zur Erstellung von Medienkonzepten entwickelt worden, die zur Unterstützung zeitgemäßer Anpassungen dient.

Zu den geforderten digitalen Kompetenzen für die berufliche Bildung zählen:

- digitale Medien beruflich und privat effektiv und effizient nutzen
- digitale Inhalte beruflich und privat produzieren sowie ihren Nutzen, ihre Bedeutung und ihre Wirkung reflektieren
- grundlegende informatische Prinzipien und Konzepte verstehen, privat und beruflich zum Verständnis einer digital geprägten Kultur in der Informationsgesellschaft nutzen
- digitale Systeme und Prozesse sicher beruflich beherrschen und die Arbeitsorganisation mitgestalten

Dabei ergänzen und bedingen sich gegenseitig Medienbildung, Anwendungskompetenzen und informatische Grundkenntnisse. Ein Konzeptwissen der Informatik liefert die Grundlage für Anwendungswissen und Medienbildung, mit der berufliches und gesellschaftliches Handeln reflektiert werden kann, was gerade bei zunehmend kürzeren Innovationszyklen von Hard- und Software notwendig ist.

Für die Leitungsebene ist die strategische Ausrichtung der Schule in den Handlungsfeldern Unterrichts-, Organisations- und Personalentwicklung zu unterstützen.

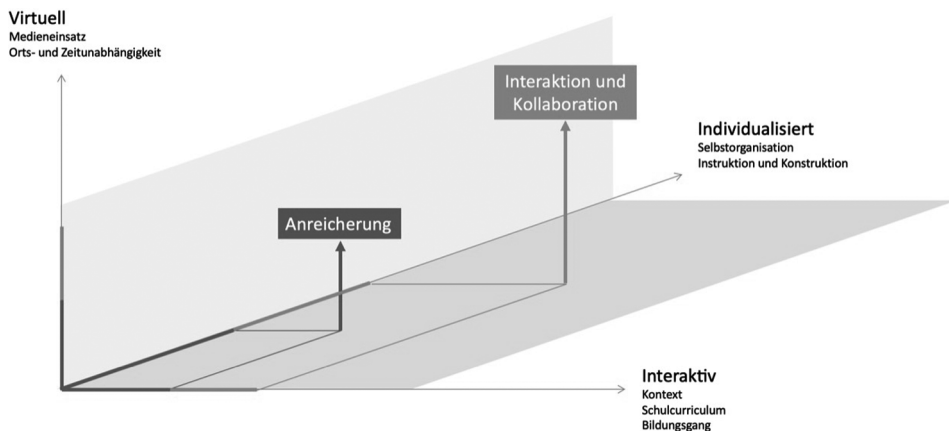
Qualifizierungsangebote richten sich an:

- Lehrkräfte
- Teams in Bildungsgängen
- Teams gleicher Bildungsgänge im Fachbereich verschiedener Berufskollegs
- Teams unterschiedlicher Bildungsgänge mit Bezug zu digitalen Prozessketten
- Teams von Lehrkräften und Ausbilder:innen
- Koordinator:innen nach Fachbereichen
- Leitungspersonal
- Ausbildungsbeauftragte der Lehrerausbildung (in Kooperation mit den Zentren für schulpraktische Lehrerausbildung in NRW)
- transnationale Projekt- und Arbeitsgruppen.

Für Fortbildungsmaßnahmen eignen sich insbesondere zwei Szenarien, die einerseits digitale Instrumente zum Lernen integrieren und andererseits orts- und zeitunabhängige Formen des kooperativen und interdisziplinären (Weiter-)Lernens einbeziehen (Abb. 1):

- das **Anreicherungszenario**, bei dem in Präsenzphasen Fortbildungsformen um digitale Elemente erweitert werden und die Kompetenz der Einzellehrkraft im Vordergrund steht

- das **Interaktions- und Kollaborationsszenario**, bei dem Teams von Lehrkräften, z. B. unter Nutzung von Kollaborationssoftware, simultan interagieren und das gemeinsame Handeln für die Entwicklung von Lernsituationen im Bildungsgang den Fortbildungsprozess abbildet.



**Abbildung 1:** Anreicherung – Interaktion

Durch diese spezifischen Merkmale der beiden Fortbildungsszenarien in Tabelle 2 lassen sich die für ein konkretes Fortbildungsangebot mit dem Fortbildungsanbieter kriteriengeleitet auswählen.

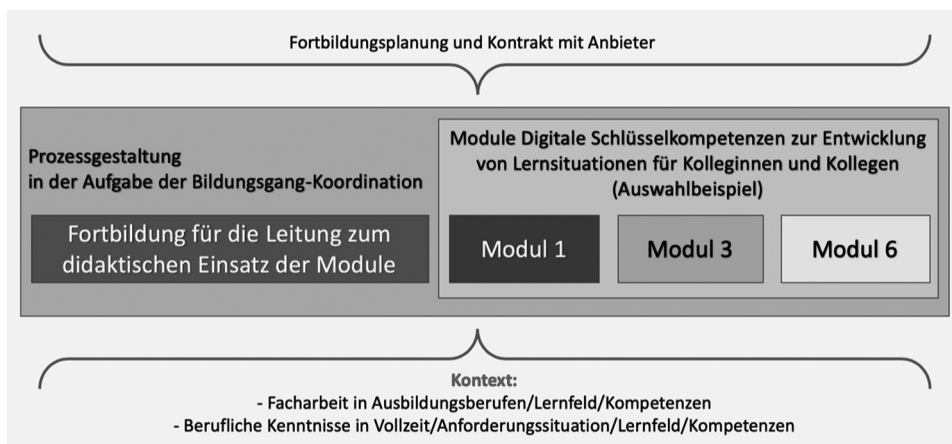
**Tabelle 2:** Gegenüberstellung Anreicherungs- und Integrationsszenario

Anreicherung	Integration und Kollaboration
Zielgruppe: Einzellehrkräfte	Zielgruppe: Bildungsgangteams
Geringer Grad an Virtualität, Interaktion und Individualisierung	Hoher Grad an Virtualität, Interaktion und Individualisierung
Organisation: Präsenzveranstaltungen	Organisation: Orts- und zeitunabhängige Anteile in Verbindung mit Instruktion und Konstruktion
Einbindung von digitalen Medien	Digitale Medien und Einsatz von Kollaborationswerkzeugen
Kein direkter Unterrichtsbezug, z. B. im Fachbereich	Direkter Unterrichtsbezug und Erprobung im eigenen Unterricht
Anpassung an technologische Änderungen	Lernortkooperation möglich
	Änderung von Routinen



In Hinblick auf die Anforderung **interdisziplinärer** Zusammenarbeit kann die Fortbildung andere Bildungsgänge schulintern und schulübergreifend einbeziehen, die Lernortkooperation mit Betrieben berücksichtigen und auf externe Fachleute zugreifen (ggf. Einbezug internationaler Partner).

Digitale Lernelemente und -formate sind für den spezifischen Bildungsgang und dessen Fortbildungsplanung im Hinblick auf die zu entwickelnden Kompetenzen und Zielgruppen didaktisch-methodisch auszuwählen und mit den Referent:innen zu vereinbaren. Dabei spielen die Organisationsform (z. B. Bearbeitungsszenario, Projekt, Erprobung, Fallberatung) und die räumliche und sächliche Ausstattung der beteiligten Schulen eine besondere Rolle.



**Abbildung 2:** Fortbildungsplanung im Bildungsgang

Derzeit werden u. a. für den Fachbereich Maschinenbau gemeinsam mit der Nachwuchsstiftung Maschinenbau umfangreiche Fortbildungen für Lehrkräfte landesweit durchgeführt, die die Zusatzqualifikation „Digitale Fertigungsprozesse“ implementiert und den beschriebenen Anforderungen für eine Berufsausbildung in der digitalen Welt folgt. Hierbei wird als Grundlage die im Projekt VET 4.0 entwickelte Kompetenzmatrix genutzt.

In Zukunft werden Online-Fortbildungsformate an Bedeutung gewinnen, um einerseits eine Individualisierung des Lernens zeit- und ortsunabhängig und andererseits Ressourcenoptimierungen zu ermöglichen.

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Anreicherung – Interaktion .....	82
Abb. 2	Fortbildungsplanung im Bildungsgang .....	83

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Kompetenzmatrix Bildungspersonal Arbeitswelt 4.0 .....	78
Tab. 2	Gegenüberstellung Anreicherungs- und Integrationsszenario .....	82

## Autor und Autorin



### Hartmut Müller

Dezernent und Leiter der EU-Geschäftsstelle Wirtschaft und Berufsbildung in der Schulaufsicht für Berufskollegs im Regierungsbezirk Köln

Leitender Einsatz in Arbeitsgruppen des Ministeriums für Schule und Bildung zum Lernen im digitalen Wandel,  
**E-Mail-Adresse fehlt!**



### Folene Nannen-Gethmann

Geschäftsführerin der EU-Geschäftsstelle Wirtschaft und Berufsbildung, Bezirksregierung Köln

Projektkoordinatorin für das Projekt VET 4.0,  
folene.nannen@brk.nrw.de

# Komplexität technisch-kommunikativer Vorgänge im Rahmen der Digitalisierung und Konsequenzen für Kompetenzprofile und Unterricht

MARTIN D. HARTMANN, ERIC J. WENDKOUNI SAWADOGO, DIRK WOHLRABE

## Abstract

Die industriellen Produktionsprozesse werden zunehmend vernetzt (Industrie 4.0, Internet of Things). Viele der in den Prozessen integrierten Teilprozesse sind für die berufliche Bildung nicht neu. Der Beitrag richtet sich auf die zunehmende Komplexität, welche im Rahmen der Digitalisierung größerer Anlagen auch für die berufliche Bildung zunehmend in den Vordergrund rückt. Am Beispiel technisch-kommunikativer Vorgänge wird die Ausprägung von Vernetzung bzw. Komplexität in der beruflichen Arbeit dargestellt und es werden Folgerungen für Kompetenzprofile der künftig beruflich Tätigen abgeleitet. Darauf folgend wird der Blick auf Lernerfordernisse in beruflichen Bildungsgängen geworfen. Der Beitrag endet mit einem Blick auf eine in der Lehrpersonenbildung eingesetzte Modellfabrik und auf ihr Potenzial, Problemfelder der Digitalisierung für Lernprozesse zu erschließen.

Industrial production processes are increasingly networked (Industry 4.0, Internet of Things). Many of the sub-processes integrated in the processes are not new for vocational education and training. The article focuses on the progressive complexity of the digitisation of larger facilities – a topic which is also increasingly coming to the centre of vocational training. Using the example of technical-communicative processes, the characteristics of networking and complexity in occupational work will be presented and conclusions will be drawn for the competence profiles of those who will be working in the future. This is followed by a view at learning requirements in vocational education and training. The article ends with a look at a model factory used in training for student teachers and its potential to open up problem areas of digitisation for learning processes.

## 1 Ausgangspunkte

Die zunehmende Digitalisierung macht es notwendig genauer zu erfassen, welche beruflichen Aufgaben in Zukunft von den Facharbeiterinnen und Facharbeitern zu übernehmen sind, welche (komplexen) Anforderungen sich ihnen stellen, welche Aufgaben sich für die berufliche Bildung hieraus ergeben und wie ihnen in der Schule (wie auch der Universität) nachgekommen werden kann, sodass auch die Fachkräfte von morgen die Prozesse (mit-)gestalten können. Lernumgebungen und -settings müssen das relevante Neue, die Strukturen und die in ihnen stattfindenden Prozesse aufgreifen. Dabei – so ist unsere These – kann durchaus auf ältere technische Anlagen zurückgegriffen werden, indem sie technisch aufgerüstet werden. Dies kommt dem Realfall in den Unternehmen durchaus näher als eine moderne, hochautomatisierte Anlage, wie sie heute von den Lehrmittelherstellern angeboten wird. Im vorliegenden Fall arbeiten wir mit einem Mitte der 90er Jahre beschafften modularen Produktionssystem (MPS oder Modellfabrik von der Firma FESTO), über dessen Aufrüstung Zugänge zum Konzept der hochautomatisierten und -vernetzten Industrie gefunden werden sollen.

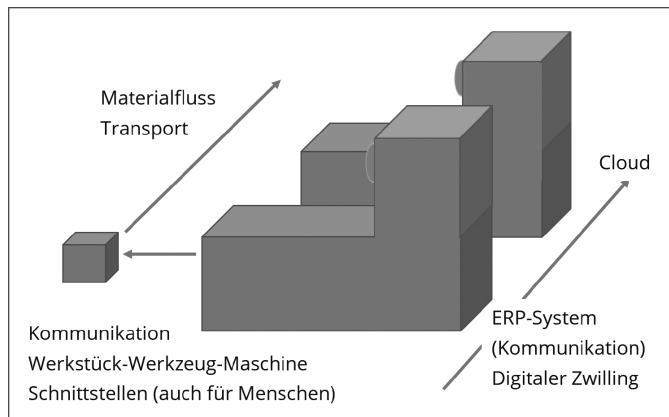
Mit wechselnden Studierenden des Lehramts in der beruflichen Fachrichtung Elektro- und Informationstechnik sowie der beruflichen Fachrichtung Metall- und Maschinentechnik wird seit mehreren Semestern ein Studienprojekt „Modellfabrik 4.0“ durchgeführt, wobei zunächst auch grundlegende Instandsetzungsmaßnahmen, eine Aktualisierung der Steuerung (STEP 7) usw. erforderlich waren. Das ständig fortgesetzte Projekt findet im Rahmen des Moduls „Fachbezogenes Projekt“ statt.

Das Projekt bietet neben der Erarbeitung von Aspekten der Digitalisierung weitere berufliche Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten sowie Möglichkeiten zur Erarbeitung fachlicher und fachdidaktischer Gesichtspunkte bzw. von Unterrichten. Die Arbeit an einem Projekt mit einem komplexen technisch-kommunikativen Gegenstand soll dazu beitragen, die Beruflichkeit angehender Berufsschullehrer:innen im Zeitalter der Digitalisierung zu entwickeln. Im Folgenden werden die Überlegungen zur Modifizierung der Modellfabrik vor dem Hintergrund von Anforderungen, wie sie sich im Kontext von Industrie 4.0 stellen, und die möglichen Schritte beim didaktisch wirksamen Umbau der Anlage vorgestellt und diskutiert.

## 2 Technisch-kommunikative Vorgänge im Rahmen der Digitalisierung

Digitalisierung bedeutet, dass reale Gegenstände (auch Sachsysteme) und die zwischen ihnen stattfindenden Prozesse bis zu einem gewissen Grad unter Zuhilfenahme von Zeichen und Software (komplexe Befehlsstrukturen) in eine „virtuelle Welt“ übertragen werden. Diese Repräsentanten der physischen Welt können dann wieder Teil werden von realen Anlagen und der in ihnen stattfindenden komplexen Prozesse (Smart Objects, Cyber-physische Systeme). Sie ermöglichen damit

- die planerische Vorwegnahme von (Teil-)Prozessen, die Analyse von Konsequenzen einer Auslösung bestimmter (Teil-)Prozesse, den Vergleich der alternativen Prozesse und damit die Abwägung, z. B. im Sinne einer Optimierung des Gesamtprozesses oder von Teilprozessen,
- die (gegenseitige) Steuerung und Regelung der Prozesse durch die beteiligten Maschinen auf Grundlage der vorgegebenen Strukturen,
- eine Spiegelung der gegebenen und sich wandelnden Wirklichkeit („digitaler Zwilling“, vgl. Ziegler 2017, S.62), sodass der Produktionsprozess im Ganzen betrachtet bzw. der Stand z. B. der Bearbeitung eines Werkstückes über den gesamten Prozess mitgeteilt werden kann („Informationsschatten“, vgl. Vogel-Heuser, Bauernhansl & ten Hompel 2017).



**Abbildung 1:** Kommunikationsvorgänge an Maschine bzw. Anlage

Die Steuerung von Produktionsprozessen ist nur möglich, wenn Kommunikation zwischen Menschen und Maschinen und zwischen Maschinen und Maschinen sowie ihren Teilsystemen bzw. Elementen stattfindet. Technisch bedeutet das, dass über die Sensorik aufgenommene Wahrnehmungen weitergegeben werden müssen, (im Steuergerät) verarbeitet und als (bewertete) Information gespeichert werden. Sie rufen vielfach(e) Aktionen hervor, die wiederum über innere Kommunikationskanäle (zu „äußeren Kommunikationskanälen“ vgl. w. u.) ausgelöst werden müssen. Die Interaktion von Akteuren bzw. Beteiligten – und hier sind ausdrücklich Menschen und Maschinen gleichermaßen gemeint – stützt sich auf diese innere, erfordert aber auch eine äußere Kommunikation. In Letzterer geben sie (z. B. als Sachsysteme oder Werkstücke) die an anderer Stelle gesetzten Aufgaben und Ziele (z. B. an ihnen vorgesehene maschinelle Bearbeitungsvorgänge bestimmter Qualität) sowie ihren gegenwärtigen Zustand bekannt. Auf diese Weise können sich die Beteiligten neu ausrichten (z. B. Werkzeugwechsel vornehmen) bzw. einstellen (z. B. Drehzahl, Vorschub). Die am Produktionsprozess Beteiligten benötigen Kommunikationschnittstellen, die ihnen zumindest die Aufnahme bzw. Anzeige von Informationen, mehr noch ihren Austausch, ermöglichen.

Denn die Äußerung muss (als Information) wahrgenommen (auch wenn verschiedene Programmiersprachen genutzt werden), grundsätzlich verstanden, interpretiert, bewertet und gewichtet werden. Interpretationen, Bewertungen, Gewichtungen hängen aber von der Art der Beziehung der Beteiligten untereinander ab. Sind sie z. B. Teil eines umfassenden Produktionsnetzwerkes, so sind ihre Aktionen in der Regel sehr fein aufeinander abzustimmen. Jedoch werden nicht alle Informationen immer überall benötigt, sondern können auch nur für die lokalen Prozesse interessant sein.

### 3 Komplexität und Vernetzung von technisch-kommunikativen Vorgängen

Vernetzung – in welcher Hinsicht auch immer – ist eine hochkomplexe Angelegenheit. Einem Netzwerk liegt, abstrakt gesagt, die Existenz von Entitäten zugrunde (vgl. Weinert et al. 2017) – z. B. menschlichen Individuen, biologischen „Systemen“, technischen Objekten, unter bestimmten Gesichtspunkten abgrenzbaren Gruppen bzw. Organisationen, wie es Unternehmen oder Institutionen sind, die vernetzt werden können bzw. es sind. Diese „Entitäten“ besitzen eine innere Struktur und sie interagieren mit ihrer Umwelt – einer äußeren Struktur. Sie stellen verschiedene Funktionen für die eigene (innere) Organisation und – bei natürlichen Systemen in der Regel durch ihre bloße Existenz – für die Umwelt bereit. Für natürliche oder soziale Netzwerke („Ökosysteme“, „(Sub-)Kulturen“), deren vielfache und komplexe Vernetzungen in der Regel nicht bewusst angelegt wurden, sondern sich im Laufe der Zeit – der Jahre, Jahrzehnte oder Jahrtausende – aus sich selbst herausgebildet haben (Evolution), liegen in den unterschiedlichen Wissenschaftsbereichen vielfältige Analysen vor. Sie zeigen, dass im Rahmen der Entwicklungen der spezifischen Bereiche Beziehungen wachsen, dass sich die Entitäten (z. B. biologische Wesen) auf ihre Umwelt einstellen und sie sich auch in der Konkurrenz um Ressourcen gegenseitig stützen.

Um dies sicherstellen zu können, benötigt es, wie weiter vorn bereits angemerkt:

- eine Sensorik zur Wahrnehmung relevanter Aspekte der Umwelt,
- Aktuatoren, die u. a. der Selbsterhaltung oder sonstiger Interaktion oder der Kommunikation dienen,
- Informationsverarbeitungseinheiten zur Kategorisierung, zum Herstellen von Bezügen, zur Wahrnehmung von Kausalitäten, zur Bewertung der Informationen (auch Vorgänge), zur Voraussage von Entwicklungen usw. sowie
- Informationsspeicherungseinheiten zur Ermöglichung (sinnvoller) auch zeitversetzter Aktionen und Reaktionen.

Jede (mehr oder weniger abrupte und massive) Veränderung der Umwelt kann die – an die (bisherige) Umwelt – angepassten (Teil-)Systeme unnütz machen. Das ökologische Gleichgewicht wird gestört und das System kann völlig zusammenbrechen.

### 3.1 Analyse und Erstellung von Netzwerken in Produktionsumgebungen

Was über biologische oder soziale Systeme gesagt werden kann, gilt ähnlich für technische Systeme wie Maschinen und Anlagen. Im Gegensatz zu natürlichen Systemen werden technische Systeme aber *für bestimmte Zwecke und zur Leistung bestimmter Funktionen errichtet*. Auf diese greift ihre Umgebung (mehr oder weniger) gezielt zurück. Um dies immer effizienter zu ermöglichen, werden sie im Sinne des Prozessablaufs horizontal (über Unternehmensgrenzen hinweg) und vertikal (im Unternehmensprozess) vernetzt und darauf eingestellt, in und mit ihrer Umwelt zu agieren und auf sie zu reagieren, sodass sie den festgelegten Zwecken nachkommen. In Unternehmensprozessen, in Produktions- und Lieferketten und in technischen Anlagen sind Vernetzungen gewollt und deshalb werden sie absichtsvoll durch den Menschen errichtet.

(Derartige, zweckbezogene) Netzwerke sind mehr oder weniger komplex. Sie beruhen auf physischen, programmierten und/oder in der Interaktion (bei mit Künstlicher Intelligenz ausgestatteten lernenden Maschinen) gebildeten Beziehungsstrukturen und mehr oder weniger flexiblen Handlungs- bzw. Prozessmustern. Innerhalb der Netzwerke generieren und/oder steuern die Beteiligten abhängig voneinander, hierarchisch strukturiert und/oder parallel zueinander Prozesse, die den ihnen gesetzten Zielen dienen. Eine vernetzte Produktion von Gütern im Rahmen eines oder mehrerer Unternehmen beruht z. B. auf Aufträgen von Kunden. Sie ist angewiesen auf die termingerechte Zulieferung von Vorprodukten und Halbzeugen und ihre Zuführung in die Produktionsabläufe. Sie ist bestimmt durch die physisch existierenden, räumlichen Gegebenheiten, durch (Förder-)Anlagen, Maschinen, Werkzeuge und Instrumente. Deren Funktionsfähigkeit wird durch Arbeitspersonen abgesichert. Die Steuerung der Prozesse kann im vernetzten System softwaregestützt, kombiniert über Enterprise Resource Planning (ERP), zentral *und lokal* (bezogen auf die konkreten *individuellen* Eigenschaften des zu bearbeitenden Produktes) erfolgen.

Soll ein Netzwerk entworfen oder die Wirkungsweise eines bestehenden erfasst werden, können verschiedene Perspektiven (relationsbezogen, elementbezogen, schnittstellenbezogen) eingenommen werden. Wird zunächst relationsbezogen z. B. auf die Bereitstellung eines Netzwerks als *Netzwerk* geschaut, so können die konkrete Gestalt der beteiligten Entitäten (Maschinen, Werkzeuge, Menschen usw.) und der Inhalt der zwischen ihnen ausgetauschten Materie, Energie und Information zunächst außer Acht gelassen werden. Diese Perspektive betrachtet allein die abstrakte Struktur (vgl. Ropohl 2009, S.72 ff.). Jene zugrunde gelegte, abstrakt erfassbare Struktur bestimmt die Art der Beziehung, der Kommunikation und der Interaktion bzw. sie wird durch diese Art bestimmt. Sie sieht die Entitäten nur als „Knoten“ und ist auf das „Zwischen“ gerichtet. Im „Zwischen“ ist erkennbar:

- die Art der Beziehung, z. B. passiv oder aktiv, hierarchisch oder gleichwertig, festgelegt oder veränderbar (z. B. hierarchiebezogen oder verbindungs- oder speicherprogrammiert). Sie fußt z. B. auf Vertrauen oder eben nicht; sie beruht

auf Feedback-Schleifen: Die „Knoten“ (z. B. Roboter und Menschen) beziehen ihre Handlungen aufeinander.

- die Art der Interaktion, z. B. die Zulieferung bzw. Abnahme von Gütern und der Kommunikation (z. B. gegenseitige Information, Austausch von Codes).

Im „Zwischen“ ist auch die Topologie des Netzes (z. B. linien-, baum-, sternförmig) angelegt.

So kann das Netzwerk (vor allem mathematisch-logisch) beschrieben, seine Praxistauglichkeit abgeschätzt sowie seine Bereitstellung, Erweiterung, Optimierung geplant und umgesetzt werden (z. B. über Petri-Netze). Dabei hängt die konkrete Gestalt des Netzwerkes (z. B. seine Topologie) in der Regel davon ab, welche Funktion es übernehmen soll, wie viele Knoten/Teilnehmer/Elemente es hat, welche Latenz bei der Informationsaufnahme und -verarbeitung sowie Reaktion gefordert ist usw. Ist die Latenz zu hoch, sind Echtzeitprozesse, wie sie z. B. beim autonomen Fahren oder bei der Interaktion mit Robotern erforderlich sind, nicht realisierbar.

Bei einer abstrakten, das Ganze betrachtenden Netzwerkanalyse oder -planung wird man aber nicht stehen bleiben können, wenn es um die Realisierung oder Modifikation des Netzwerkes geht. Jedes zum Netzwerk dazukommende Element muss integriert werden. So muss sich eine weitere Perspektive zum einen auf die konkrete Gestalt und zum anderen auf die Kommunikationsschnittstellen richten. Die konkreten Entitäten können im Rahmen eines Netzwerkes nur dann miteinander interagieren, wenn sie dafür eingerichtet sind. Die Art der Kommunikation hängt von der Art der Entität ab. So sind die Mensch-Maschine(n)- oder die Maschine(n)-Maschine(n)-Interaktionen dadurch bestimmt, dass sich die jeweiligen Kommunikationspartner in irgendeiner Weise passiv (auf Abfrage z. B. über mit Informationen bestückte Identifikatoren wie Strichcodes, RFID-Chips) oder aktiv (z. B. über sich ändernde Anzeigen auf Displays oder über von Steuereinheiten ausgesandte Informationen) äußern (können). Die Gegenseite muss in der Lage sein, die übermittelten Informationen wahrzunehmen, zu verarbeiten, (korrekt) zu interpretieren, sie (vergleichend) auszuwerten, daraus Konsequenzen zu ziehen und sie (nach einer Aktion evtl. modifiziert) an die richtige Adresse weiterzugeben, ohne sie zu verlieren.

Schauen wir darauf, wo die Informationen herkommen: An den Sensoren wahrnehmbare Gegebenheiten bzw. Veränderungen müssen dafür aufgenommen, in der Regel gewandelt und zu – als Daten weiter nutzbaren – elektrischen Signalen aufbereitet werden. Sie stellen für den Prozess relevante Merkmale dar bzw. auf, die durch die Art des Sensors als *formalisierte* Größe (z. B. Temperatur, Druck, Drehzahl, Identifikationsnummer) identifiziert bzw. kategorisiert werden können. Die auf der Identifikation und Erhebung sowie deren Ausprägung (Messung) beruhenden Daten werden über die auf diese Art modellierte Wirklichkeit zur Information und sind als Inhalt Grundlage der Kommunikation und der auszulösenden (Inter-)Aktionen.



### 3.2 Ausbau bestehender (technischer) Netzwerkstrukturen in Unternehmen

In vielen Unternehmen beginnt die hochautomatisierte Vernetzung der Systeme (bezeichnet mit Schlagworten wie „Industrie 4.0“ oder „Internet der Dinge“) gerade erst. Wird diese geplant, sind die Informationen und Daten zu definieren, die den Fertigungsprozess sowie die Abhängigkeiten zu- und voneinander beschreiben (vgl. Oertwig & Rimmelspacher 2017, S. 139). Viele der dort befindlichen Systeme sind jedoch noch nicht für eine Vernetzung eingerichtet. Oertwig & Rimmelspacher (2017, S. 140) beschreiben den Sachverhalt wie folgt: *„Jede dieser Maschinen (bzw. deren Steuerungen) kommuniziert in einem beliebigen Format. Das ist im Idealfall bei neueren Steuerungen bereits ein Standard wie OPC UA (Open Platform Communications – Unified Architecture), in vielen Fällen in den heterogenen Infrastrukturen der Unternehmen jedoch eine mehr oder weniger beliebige Kommunikationsform“*. So können die Systeme zwar Daten liefern, aber ihre Äußerungen mögen kryptisch bleiben, weil diesen Daten eine andere Programmiersprache zugrunde liegt oder weil die Daten (z. B. Temperaturdaten im Rahmen von einfachen Feldbussystemen) im Sinne einer schnellen Übermittlung dimensions- und damit kontextlos von ihnen weitergegeben werden. Sie sind damit für die Empfänger der Informationen nicht interpretierbar. Bei Änderungen in den komplexen Systemen muss dann jeweils umprogrammiert werden. Um diesem Problem zu entgehen, kann für jede der (proprietären) Schnittstellen ein Adapter (nach dem Prinzip des Reisesteckers) entwickelt werden, der die Kommunikation und Information – wie oben bereits angesprochen – auf Grundlage des OPC UA-Standards umsetzt, sodass auf einer übergeordneten Ebene eine Homogenisierung der Daten erfolgt (vgl. ebd.). Sie ermöglicht eine unkompliziertere Integration z. B. von neuen Teilnehmern des Netzwerkes.

Ziegler (2017) stellt – wie oben bereits angedeutet – fest, dass „industrielle Netze“, die ja auch Produktionsprozesse generieren, *„meist für eine vorher klar definierte Aufgabe (Applikation) entworfen und somit für eine vorher festgelegte Anzahl von Teilnehmer[n] ausgelegt [werden]. Die Topologien sind eher statisch und bleiben in der Regel im laufenden Betrieb stabil. Sollte die Anlage im Laufe des Betriebes angepasst oder erweitert werden, muss das System samt Netzwerk neu geplant, parametrisiert und wieder in Betrieb genommen werden.“* Dies wird aber nicht so bleiben. Er formuliert weiter, dass die *„Anforderungen der Digitalisierung (...) eine weitgehende Flexibilisierung des Produktionsprozesses [verlangen, ...]“* (S. 61). Und er führt dahingehend aus: *„Zukünftig werden modulare Produktionseinheiten nach Bedarf zu immer wieder neuen Produktionslinien zusammengefügt. Werkstücke fahren ihre Bearbeitungszellen eigenständig an, kollaborative Roboter bewegen sich frei im Raum, Mobilität und eine ständige Neuorganisation bilden das Grundkonzept der digitalen Fabrik“* (S. 61 f.).

Ist dem so, dann stellt sich die Frage, welche Aufgabe dem Menschen im Produktionsprozess zufallen kann. Sie wird nach Gorecky, Schmitt & Loskyll (2017) auf eine Metaüberwachung hinauslaufen: Sie vermerken dementsprechend, die *„primäre Aufgabe des Menschen wird es also sein, eine Produktionsstrategie vorzugeben und deren Umsetzung innerhalb der selbstorganisierten Produktionsprozesse zu überwachen.“* (ebd., S. 218). Insofern wird der Überwachung einer ordnungsgemäßen Realisierung eines

Prozesses „eine Zielstellung“ sowie die Schritte zu deren Erreichung durch den Menschen vorangestellt und dem cyber-physischen System vorgegeben. Für den Eintritt eines Schadensfalls oder einer Störung obliegt dem Menschen die Zuständigkeit eines schöpferischen Problemlösers (vgl. ebd., S.218) und er wird möglichst angemessen (physisch oder programmbezogen) in die Strukturen und Prozesse eingreifen müssen.

## 4 Technisch-kommunikative Vorgänge im Arbeitskontext

Durch die bisherigen Ausführungen wird deutlich, dass eine Betrachtung von – auf Maschinen und Anlagen bezogener – Vernetzung und Netzwerken aus der berufsarbeitsbezogenen Perspektive eine Arbeit an bzw. mit Netzwerken in den Blick nehmen sollte. Dabei kann es sich um gegenständliche Komponenten oder Teilsysteme von Netzwerken handeln, wie z. B. mechanische, elektrische oder steuerungstechnische. Oder die Netzwerke sind (dann nicht-gegenständlich) informationstechnischer Provenienz. Im Rahmen dieser Arbeiten sind Montagen, De- und Remontagen bzw. Einbindungen auszuführen. Es sind verschiedenartige Diagnosetätigkeiten (einschließlich der Nutzung von Messgeräten) erforderlich. Es müssen Programmieraufgaben übernommen werden usw. Eine wesentliche Voraussetzung, Facharbeit gestaltungsbezogen ausüben zu können, ist das Verständnis und die Einordnung der Anlagenprozesse in den entsprechenden Systemen. Konkret auf die technisch-kommunikativen Vorgänge bezogen, tritt für ein Arbeitshandeln in Netzwerken die Kommunikation zwischen Menschen und Maschinen bzw. Maschinen untereinander in den Vordergrund.

Das Inhaltsspektrum der Arbeit der Fachkräfte in der komplex automatisierten und vernetzten Industrie ist das der Fertigung, der Instandhaltung der Anlagenkomponenten und der Integration neuer Anlagenkomponenten (z. B. von Maschinen mit ihren verschiedenartigen Schnittstellen).

Die *Integration von neuen Anlagenteilen* ist eine mechatronische Aufgabe. Der mechanische Fluss von Gütern und die elektrische Einbindung des Arbeits- und des Steuerkreises müssen gewährleistet werden. Besondere Herausforderungen sind die Garantie der Sicherheit auch in der Kommunikation über die Grenzen des Unternehmens hinweg (Reiss & Reiss 2018; zu Clouds, vgl. Skowronek 2017) und des abgestimmten Kommunikationsflusses im komplexen Informationssystem. Hierbei ist zu beachten, wie der neue Anlagenbestandteil mit seinen unmittelbaren Kommunikationspartnern interagiert und kommuniziert. Dabei sind jedoch vor allem die übergeordneten Produktionsziele und -abläufe im Blick zu behalten. Die Arbeitenden werden also Montagetätigkeiten ausführen und Feinabstimmungen bezogen auf die Systemin- und -outputs vornehmen müssen. Hierbei sind die spezifischen Bedingungen zu berücksichtigen, die in die digitalen Zwillinge, den mitgeführten Informationsschatten und die Optimierungsaufgaben eingehen müssen. Ist eine Homogenisierung des Kommunikationssystems erfolgt, so mag die Integration der neuen

Anlagenteile informatisch recht einfach zu realisieren sein. Handelt es sich um einen Mix von alten und aktuellen Maschinen bzw. Anlagen, so sind zunächst die vorgesehenen, sinnvollen und machbaren Produktionsabläufe zu analysieren und das Anlagenlayout und die Anforderungen an die Technik in den Blick zu nehmen. Hier sind wiederum z. B. die Homogenisierung der Kommunikation, die Datenverarbeitung und -speicherung (Steuergeräte, Bussysteme und Datenbanken), intelligente Werkzeuge/Werkstücke sowie Echtzeitkommunikation zu nennen.

Je nach Lage und aufgeworfenen Problemen wird sich die Inspektion und Instandhaltung der komplexen Anlagen auf die aufgenommenen Daten stützen können. Entsprechende Schnittstellen sind dafür erforderlich. Mit Augmented Reality (AR) oder Virtual Reality (VR), „kontext-sensitive[n] Benutzerschnittstellen“ (Siepmann 2016b, S. 64 – Hervorhebung im Original entfernt) vermag der Mensch in höherem Maße Einblick und Eingriffsmöglichkeiten in ein Fertigungsgeschehen zu erhalten, als es herkömmliche Technologien, wie etwa Steuerungsterminals, erlauben. Die AR- und VR-Technologien ermöglichen die Visualisierung von Daten, welche für den Menschen nicht nur verständlich sind, sondern sein (Arbeits-)Handeln unterstützen (vgl. Siepmann 2016b, S. 64f., Hartmann 2018). Dabei kann es sich im Rahmen der Nutzung von VR-Technologien um die wirklichkeitsnahe Darstellung von Produktionsabläufen handeln, worin einerseits allein „Einblick“ genommen werden kann, oder andererseits um einen „Eingriff“, wenn im Rahmen dieser realitätsnahen Repräsentation des Fertigungsablaufs durch den Menschen Variationen vorgenommen und darauf basierend etwa Konsequenzen simuliert werden. Augmentierte Realität unterstützt (arbeitende) Menschen dadurch, dass mittels entsprechender (Soft- und) Hardware zusätzliche (Kontext-)Informationen zu (Arbeits-) Gegenständen der Realität visuell angezeigt werden, oder auch, dass Systeme oder Prozesse, welche bislang noch nicht Teil eines bestimmten Realitätsausschnittes sind, (probeweise) in eine Umgebung platziert werden können. Überdies ist es im Rahmen der AR-Technologie im Instandhaltungsbereich oder der Montage möglich, dass Einblendungen von Informationen gewissermaßen „anleitend“ für die jeweiligen Facharbeitenden wirken (Assistenz), wenn notwendige Arbeitsschritte der Reihe nach visualisiert werden, wie es vielfach heute in der Montage geschieht, wenn die genaue Lage des einzusetzenden Bauelements eingeblendet wird (vgl. Siepmann 2016b, S. 68). Hierbei kann der Arbeitsinhalt auch so weit reduziert sein, dass die Arbeitenden nur noch repetitive Aufgaben auszuführen haben. Eine (Mit-)Gestaltung des Prozesses bzw. eine Selbststeuerung mag hier auf der Strecke bleiben.

Kennzeichnend für die Arbeit von Menschen in der *Fertigung* ist weiterhin die Überwachungstätigkeit der Produktionsprozesse und Systeme, deren Bedienung über örtliche Distanzen erfolgen kann. Angesprochen ist hier ein „mobiles Bedienen“, das mehrseitig abläuft, indem eine – die Maschine – steuernde Eingabe durch den Menschen in eine „Fernsteuerungseinheit“ erfolgt; Letztere die Eingabe an das betreffende technische System weiterleitet, welches hernach eine Rückmeldung der ordnungsgemäßen Umsetzung an die „Fernsteuerung“ sendet, die der Mensch schließlich empfängt und zur Kenntnis nehmen kann.

Überwachung und Steuerung der Anlagen und Maschinen im Rahmen der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) werden über eine Schnittstelle realisiert, evtl. ebenfalls über AR und VR (vgl. Siepmann 2016a, S. 24). Somit wird diese indirekt ausgeübt – also nicht unmittelbar an der (von Einblick und Eingriff abgeschotteten) Maschine oder Anlage, sondern vermittelt über Leitstände oder Messwarten. Damit geht der Verlust unmittelbarer sinnlicher (auditiver, olfaktorischer, haptischer und optischer) Wahrnehmungen bemerkenswerter Symptome einher (vgl. Hirsch-Kreinssen 2015, S. 90). Es ist hier zu beachten, dass Fehlermeldungen vielfach interpretationsbedürftig sind. So kann es Probleme mit einem defekten Sensor geben, die Datenübertragung nicht einwandfrei funktionieren (z. B. elektromagnetische Verträglichkeit) oder aber wirklich ein ernst zu nehmendes Problem aufgetreten sein. Bei sicherheitsrelevanten, sehr unzugänglichen Einrichtungen wie Atomkraftwerken kann das ein schwerwiegendes Problem sein (vgl. Hartmann 2015 & 2018), in der Produktionsüberwachung ist das in der Regel weniger schwerwiegend.

## 5 Ansätze für den Unterricht und die universitäre Lehre (Praxisbeispiel)

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln wesentliche theoretische und arbeitsbezogene Gesichtspunkte technisch-kommunikativer Vorgänge diskutiert wurden, greift dieses fünfte Kapitel das Ausgangsbeispiel „modulares Produktionssystem“ (FESTO), im kommenden Text auch als „Modellfabrik“ bezeichnet, vom Beginn dieses Beitrags wieder auf.

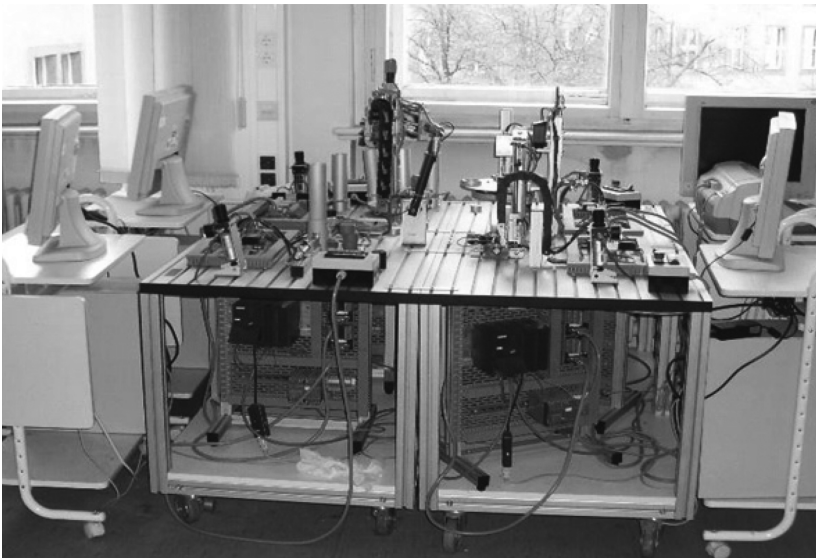


Abbildung 2: Modellfabrik mit Computerarbeitsplätzen

Die „Modellfabrik“ besteht aus vier Arbeitsplätzen mit jeweils einem dazugehörigen Computer. Sie bilden die Prozesse „Vereinzeln“, „Prüfen“, „Bearbeiten“ und „Sortieren“ ab (Abb. 2).

Die konzeptionelle, planerische und umzusetzende Arbeit mit Studierenden an und mit einer komplex automatisierten bzw. kommunikativ-vernetzten technischen Anlage als Gegenstand eines fachbezogenen Projekts soll dazu beitragen, den Fokus auf die Anforderungen an die Beruflichkeit der Auszubildenden zu legen und gleichzeitig die Beruflichkeit der angehenden Berufsschullehrer:innen zu entwickeln. *„Beruflichkeit, verstanden als Kategorie beruflicher Bildungsmaßnahmen, bildet im weitesten Sinn Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Ausübung eines entsprechenden Berufs ab.“* (Wilke 2017, S. 27). Sie hat hier eine inhaltliche, methodische und auf verschiedenen Ebenen prozessuale Komponente (Anlagenprozesse, Unterrichtsprozesse, Organisation).

Die Studierenden erarbeiten sich im Rahmen des Projektes fachliche (vor allem mechatronische) Inhalte, Unterrichtsideen und komplex angelegte Unterrichtskonzepte. Um in Prozesse (mit-)gestaltend eingreifen zu können, ist es unterrichtspraktisch erforderlich, komplexe Unterrichtsverfahren/-methoden bei der Lösung fachlicher und fachdidaktischer Aufgabenstellungen einzusetzen (vor allem die Projektmethode und das Projektmanagement in Theorie und Praxis, oder spezifischer: die Diagnoseaufgabe mit Fehleranalyse/-suche einschließlich Dokumentation), die Montageaufgabe (einschließlich Demontage), die Instandhaltungsaufgabe bzw. -analyse, die Funktionsanalyse, der Fachpraxisbericht, das Moderationsverfahren, die Recyclingaufgabe oder die Simulation usw. (vgl. Pahl 2008). Die Erarbeitung des betreuten Projekts erfolgt in Gruppen- oder in Partnerarbeit. Die Projekte haben eine Laufzeit von einem bis zwei Semestern.

Konkret geht es im eingangs skizzierten Projekt also zum einen um den Lerneffekt für die Studierenden bei der Abstimmung der Prozesse (einschließlich Programmierung) und bezogen auf eine mögliche spätere unterrichtliche Umsetzung in der Schule zum Zweiten um die Instandhaltung und in der Folge Nutzung der Anlage, zum Dritten aber vor allem um deren Weiterentwicklung hin zu einer nunmehr weitgehend automatisierten Modellfabrik. Im Rahmen des – jeweils mit neu einsteigenden Studierenden – kontinuierlich durchgeführten Projektes konnten in der Vergangenheit Lernerfolge erzielt und Ergebnisse präsentiert werden, wie sie in Belegarbeiten u. a. von Reuter, Kozłowski, Scharf 2017 und von Lutz, Peschke, Ullrich 2018 sowie der wissenschaftlichen Arbeit von R. Lutz 2019 zu finden sind.

An der Anlage können eine Vielzahl an möglichen übergreifenden und spezifischen Fachthemen behandelt werden, so die Steuerungs- und Automatisierungstechnik, einschließlich der SPS-Programmierung, der Mess- und Sensortechnik, der Pneumatik, der Motorschaltungen und vieler weiterer technisch-didaktisch aufzuarbeitender Themengebiete.

Allgemein, aber auch bezogen auf die vorhandene und auf Industrie 4.0 umzurüstende Anlage, wurden – und werden im Sinne der Kompetenzentwicklung der Lernenden weiterhin – eine ganze Reihe von Fragen bzw. Aufgaben gestellt, die (dann im konkreten Fall) evtl. auf ihre Realisierbarkeit hin überprüft werden mussten und müssen. Manche der angesprochenen Aufgaben können zeitnah und kon-

kret untersucht werden (um z. B. die Voraussetzungen zu schaffen), andere müssen übergreifend-konzeptionell bedacht sein:

- Wie wird die Wirklichkeit (Anlage) modelliert, um den realen Prozess abbilden zu können?
- Was soll die Anlage in Zukunft leisten können (siehe vorherige Teile dieses Artikels)? Wird z. B. ein digitaler Zwilling erzeugt? Können die Produkte über einen Informationsschatten begleitet werden? Wie wird das realisiert (Datenbank)? Welche Schritte sind dafür insgesamt notwendig? In welcher Folge können/sollen sie gegangen werden? (Diese Fragen müssen mit den jeweils neuen Lerngruppen immer wieder angesprochen und diskutiert werden.)
- Wie wird das vernetzte System strukturiert? – u. a. welche Topologie wird zugrunde gelegt?
- Wie wird die Kommunikation organisiert? Welche Standards liegen ihr zugrunde? Ist sie über OPC UA möglich oder handelt es sich wieder um ein proprietäres System?
- Wie flexibel ist das System? Können bestimmte Maßnahmen die Flexibilität und Offenheit erhöhen? Können Echtzeitprozesse abgebildet werden? Welche Maßnahmen sind möglich bzw. notwendig, um diesen Anforderungen gerecht werden zu können?
- Welche Sensoren sind vorhanden? Welche Daten nehmen sie auf? Wie werden diese weitergeleitet und verarbeitet? Sind die Sensoren für die weitergehende Automatisierung einsetzbar? Welche Bedingungen müssen hier geschaffen werden, um einen Standard Industrie 4.0 zu erreichen?
- Sind neben den vorhandenen vier Stationen weitere integrierbar (z. B. ein Roboterarm)?
- Welche Mensch-Maschine-Schnittstellen werden bereitgestellt? Wie können diese helfen, z. B. im Sinne der Integration neuer Anlagenbestandteile oder der Fehlerbehebung ein Verständnis für das Gesamtsystem bzw. die Detailprozesse zu entwickeln? Sind sie geeignet, Anpassungen schnell und unkompliziert durchzuführen?
- Welche regelungstechnischen Fragestellungen/Aufgaben sind im Einzelnen zu stellen? Wie können sie (auch fachlich relativ einfach) gelöst werden?
- Werden für bestimmte Teilanlagen eigene Steuergeräte eingesetzt? Warum? Wie werden die Gesamtsteuerung und die den lokalen Anforderungen genügenden Steuergeräte in der Hierarchie eingebunden?
- Können die Werkstücke Auskunft über ihren Bearbeitungsstand geben – oder werden sie wie bisher nur durch die Sensoren (Licht, magnetisch) identifiziert?
- Können mittels aufgenommener Daten über den Produktionsprozess bzw. den Produktlebenszyklus hinweg Produkte weiterentwickelt bzw. Produktionsprozesse optimiert werden?
- Wie können Aspekte der Augmented Reality eingebunden werden (bei Montage, Instandhaltung)?
- Wie kann das System übergreifend vernetzt werden (Stichworte: ERP, Lieferketten, logistische Herausforderungen)?

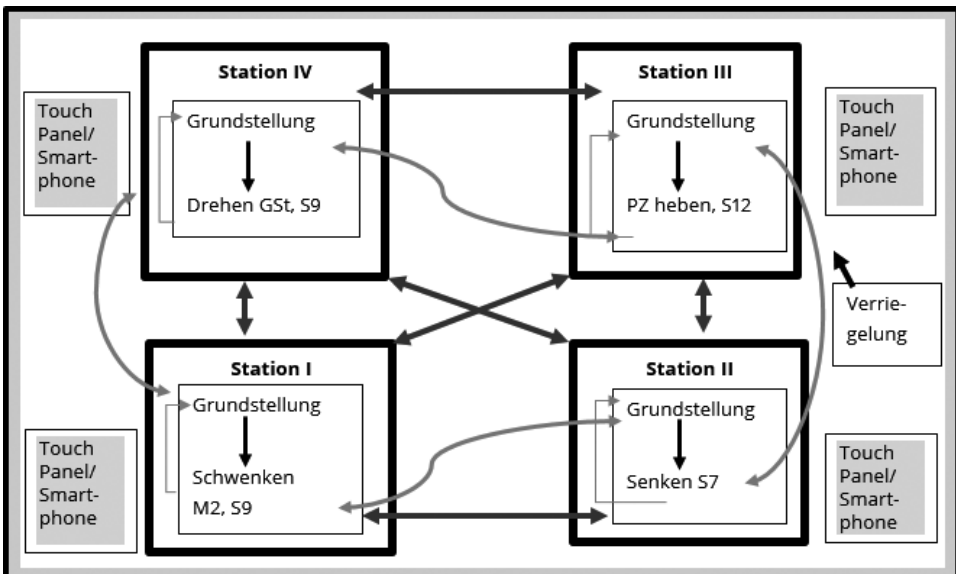
Weitere Fragen zur Didaktik/Unterrichtsgestaltung sowie zum Projektmanagement sind anzuschließen:

- Werden mit den Aufgaben die beruflichen Anforderungen (Realisierung von Arbeitsaufträgen) abgebildet?
- Wo gehen die Fragen über die Berufsausbildung hinaus und inwieweit sind sie im Sinne eines Gesamtverständnisses trotzdem zu stellen? Ist externe Kompetenz dazuzuholen und wann sollte dies geschehen?
- Wie können die Lernenden, auch bei Unterordnung oder zeitweiliger Vernachlässigung mancher Fragen im Sinne des Fortschritts des Gesamtprojekts, trotzdem ein Gesamtverständnis für hochkomplexe industrielle Anlagen gewinnen? Was ist also immer wieder aufzugreifen? Welche Kompetenzen sind immer wieder erst zu entwickeln?
- Wie können die Kompetenzentwicklungsprozesse konkret befördert werden? Welche Aufgabenstellungen sind dafür hilfreich?

Die vorherigen Fragestellungen sind nicht einfach zu sortieren, weil sie sich teilweise gegenseitig bedingen. Um einen Zugang zu ermöglichen, sollen unser Vorgehen und unsere ersten Erfahrungen skizziert werden.

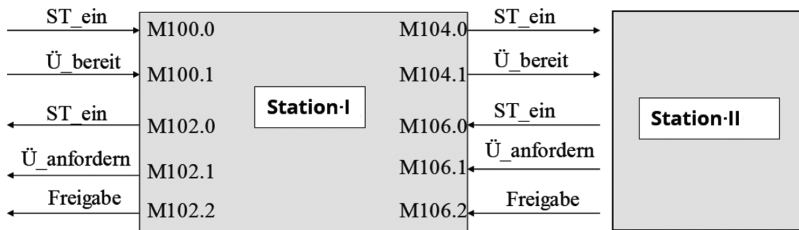
### Konkretisierung bisher realisierter Projektaufgaben und Fragen

Im Folgenden soll ein Teil der bisherigen Arbeiten dargestellt werden. Dafür ist die Modellfabrik (MPS) zunächst in der folgenden Grafik (Abb. 3) mit ihren Funktionen schematisch abgebildet.



**Abbildung 3:** Schema der Modellfabrik in ihrer aktuellen Gestalt mit reduzierten technisch-kommunikativen Fähigkeiten zwischen den Stationen (W-LAN-unfähig, unidirektionale Kommunikation)

Die bereits weiter vorn genannten Handlungs- bzw. Aufgabenfelder (Einrichten, Bedienen, Instandhalten, Digitalisieren der Prozesse usw.) können einerseits den vier Stationen jeweils einzeln zugewiesen werden. Jedoch stehen sie auch in wechselseitiger technisch-kommunikativer Beziehung zu den anderen Stationen, da die Start- oder Endbedingungen von den anderen Stationen abhängig sind. Dieser Zusammenhang ist in der folgenden Darstellung der Station 1 (Abb. 4) nachvollziehbar.



**Abbildung 4:** Kommunikation der Station I (Ein- und Ausgänge)

Aufgrund der Analyse der Anlage und der aufgestellten Ziele wurden im Rahmen der bisher durchgeführten Einzelprojekte in gemeinsamen Diskussionen von den Studierenden und Dozenten folgende Aufgabenbereiche formuliert:

- Wartung und Instandsetzung der Bestandsanlage unter Nutzung komplexer Unterrichtsverfahren (Analyse und Diagnose der Bestandsanlage; Fehlersuche und -analyse; Instandsetzungsanalyse und -aufgabe, Projektdokumentation, Recyclingaufgabe ...).
- Erstellung eines linearen Layouts der Bestandsanlage.
- Bearbeitung des SPS-Programms (Erarbeitung von Verbesserungsansätzen und Auswertung der Kommunikation via PROFIBUS. Erweiterung der Programmstruktur für die Linearisierung der Modellfabrik).
- Modernisierung der bestehenden Modellfabrik zu einer vernetzten Industrie 4.0-Anlage. Dabei sollten digitale Sensorsysteme montiert werden, die eine On-line-Kommunikation mit der Anlage ermöglichen sollen.

Für die Organisation und den Ablauf wurden von der Projektleitung Hinweise zu den Bestimmungen der Begriffe Wartung, Instandsetzung, Instandhaltung, Inspektion u. a. laut DIN-Normen gegeben.

Weiterhin wurden Arbeitspakete und Termine zur Fertigstellung der einzelnen Pakete im jeweiligen Semester festgelegt.

Besonders wichtige zu berücksichtigende Aspekte waren dabei die Sicherheit von Menschen und Geräten sowie der Arbeits- und Gesundheitsschutz.

Umgesetzt wurden sodann die Instandsetzung der Anlage und der Austausch verschiedener Bauelemente (u. a. der Pneumatik), um die Funktionsfähigkeit der MPS von Grund auf zu garantieren. Zu beachten war dabei, dass bei der Instandhaltungsarbeit insbesondere hohe Drücke, große Geschwindigkeiten der bewegten Massen und Schläuche sowie Kräfte entstehen können, die für Menschen und Geräte gefährlich sind. Demzufolge waren auf dem Gebiet des Arbeits- und Gesund-



heitsschutzes jeweils entsprechende Sicherheitsmaßnahmen zu beachten. Eine Belehrung zu Sicherheitsmaßnahmen sowie zum Umgang mit der Anlage wurde durchgeführt und dokumentiert.

Zur Verbesserung der Kommunikationsfähigkeit sowie der Flexibilität der Anlage wurde ein neues Kommunikationskonzept vorgeschlagen (Bussystem: PROFIBUS → PROFINET). Die Kommunikation soll mittelfristig auf Ethernetbasis umgestellt werden.

Zur Optimierung des räumlichen Nutzungskonzepts sowie für eine bessere Handhabbarkeit der Modellfabrik als Produktionssystem wurde anstelle einer rechteckigen eine lineare Anordnung der Stationen vorgeschlagen. Die Anlage soll dadurch auch einfacher erweiterbar werden.

Eine besondere Herausforderung ist die Aufrüstung der aktuellen Anlage zur Modellfabrik Industrie 4.0. Dazu sind in ersten Schritten:

- der Materialfluss und der Gesamtarbeitsprozess zu simulieren
- die gegebene Dokumentation zu digitalisieren und digital bzw. online zugänglich zu machen
- die Prozesse sowie prozessbezogene Daten zu visualisieren
- die Arbeitsorganisation und -gestaltung zu bedenken und umzuorganisieren (z. B. Reduktion der Komplexität der Anlage)
- im Sinne von Industrie 4.0 möglicherweise in die Bestandsanlage aufzunehmende Komponenten zu identifizieren (z. B. Einsatz aktueller Siemenssteuerungen bzw. Bereitstellung einer eigenen Steuerung mit Raspberry Pi)
- zu definieren, welche Art von Herangehensweise zunächst sinnvoll ist (Instandsetzungsaufgabe)
- die Anlage zu vernetzen und fernzusteuern
- die im Bearbeitungsprozess herauszubildenden individuellen Kompetenzen (Ziele) festzulegen
- die an der Anlage erreichbare berufsbezogene Kompetenzentwicklung bei Auszubildenden zu erfassen
- ein Projektplan zu erstellen und Arbeitspakete zu formulieren, (vgl. Sawadogo, Kozlowski, Reuter u. a. 2017).

### **Modellierung und Linearisierung der Modellfabrik**

Die Modellierung und Visualisierung der Modellfabrik stellte sich für die Projektteilnehmer als zeitaufwendig und technisch anspruchsvoll heraus. Mithilfe der 3D-Graphiksuite „Blender“ konnte eine erste Modellierung/Visualisierung der Modellfabrik realisiert werden. Das Programmpaket Blender ermöglicht es, aus einer geometrischen Beschreibung im 3D-Raum (Rohdaten) die zuvor modellierten Objekte u. a. zu texturieren und sodann zu animieren (vgl. Reuter, Kozlowski, 2017).

Neben der Modellierung/Visualisierung und der Instandhaltung der Modellfabrik setzte sich die Projektgruppe die Linearisierung der Anlage als Projektziel, um die Handlungsmöglichkeiten an der Anlage und die „Produktion“ flexibler gestalten zu können. Der vorhandene Laborraum für Seminare und Praktika kann so besser genutzt werden.

Bisher war die Anlage mit ihren vier Stationen in einem Viereck angeordnet (Abb. 2 und 3). Der lineare Aufbau ist in der folgenden Abbildung 5 schematisch dargestellt.

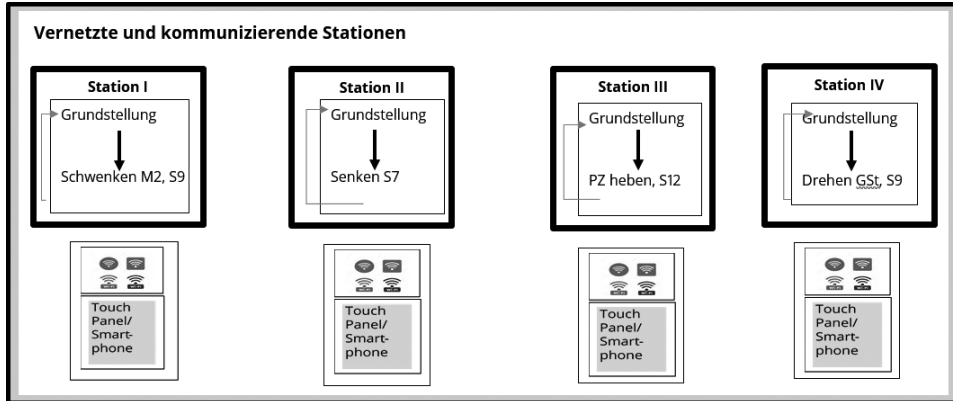


Abbildung 5: Schema der linearen und W-LAN-fähigen Modellfabrik

### Aufrüstung der Anlage zu einer Modellfabrik Industrie 4.0

Die weitere Digitalisierung der Modellfabrik fordert ein „neues“ Aufbau-, Produktions- und Nutzungskonzept der Anlage, das auch eine neue Komplexität bzw. Intransparenz für die Anwender (Lernende und Lehrende) mit sich bringt.

Zum Konzept wurden unterschiedliche Vorschläge zur Diskussion gestellt. Dies waren u. a.:

- Erweiterung der Anlage zu einem digitalen Stückzähler, der die Produktionsdurchführung erleichtert sowie einen digitalen Ausgabewert für weitere Verarbeitungen ermöglicht (z. B. unterschiedliche Produktionsabläufe in der SPS definieren und diese nach Auftragssituation verändern).
- Produktionsteile mit RFID sowie Produktionsanzeige auszustatten, sodass die einzelnen Produkte im Herstellungsprozess geortet und die aktuellen Standorte bestimmt werden können (die erste Stufe „intelligenter“ Werkstücke).
- Die alte Anlage mit *vernetzungsfähigen* (IO-Link) Sensoren und Aktoren (bidirektional kommunikationsfähigen Modulen) auszustatten:
- Ausstattung der elektropneumatischen Regler mit IO-Link-Technologie, Erkennung von Veränderungen im Prozess und Weiterleitung von Information an die Feldebene (z. B. intelligente Druckregler, wie Modelle der ITV-Serie von SMC).
- Einrichtung einer Steuerung der Anlage über App oder externe PC (Panelbetrieb) mittels Internet (WLAN/WIFI).
- Integration einer Fernüberwachung (Monitoring), z. B. aus einem Büro, um zu erkennen, in welchem Zustand die einzelnen Stationen der Modellfabrik sind.
- Flexible Überwachung und Erfassung von Systemdaten. Die digitale Anzeige und Kontrolle von zum Beispiel Systemdruck, Temperatur, Systemzuständen

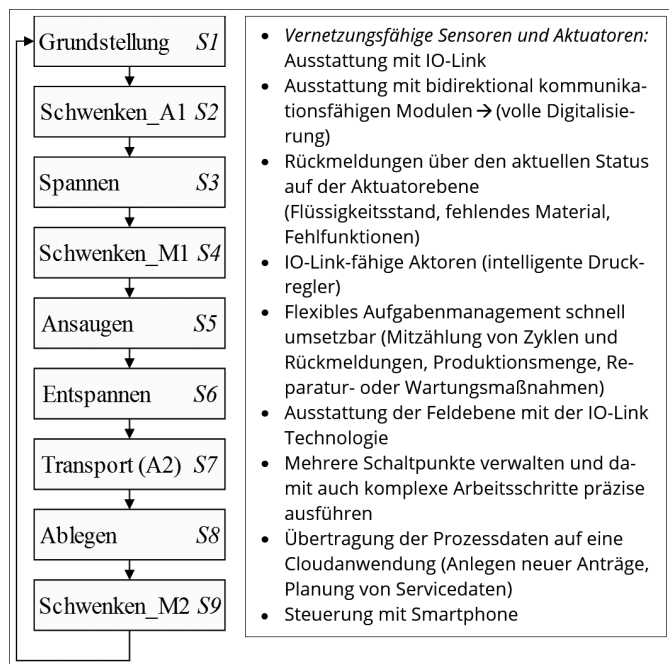
oder Spannungsversorgung, um im Produktionsausfall die Fehlersuche und Fehleranalyse zu vereinfachen.

- Integration eines Roboterarms.

In der Umsetzung muss im weiteren Verlauf geklärt werden, ob eigene Lösungen entwickelt oder Lösungen von Automatisierungsanbietern eingekauft werden. Dies wird im Einzelfall zu entscheiden sein. Im Bereich von Industrie 4.0 bietet z. B. FESTO Industrie 4.0-Produkte wie „CP Lab“-Module an. Auch andere Hersteller wie Bosch Rexrodt haben Lösungen im Angebot.

Um eine Lösung zu finden, setzt sich die Projektgruppe auch weiterhin mit den bereits o. g. Fragestellungen auseinander.

Für Station 1 wurden in der Folge die Steuerungsprozesse dargestellt und mögliche Maßnahmen zu seiner Entwicklung mit Industrie 4.0-fähiger Technik zusammengestellt. Dies ist in Abbildung 6 ersichtlich.



**Abbildung 6:** Blockschema der Prozesse an Station I – geplante Veränderungen im Steuerungsprozess

Die nachfolgende Tabelle versammelt noch einmal – beispielhaft für eine Station – auf einen Blick notwendige, zeitnah bzw. perspektivisch durchzuführende Tätigkeiten, welche im Rahmen der Aufrüstung bzw. Modernisierung der Modellfabrik zu leisten sind. Leicht einsichtig ist, dass dafür Kompetenzen erforderlich sind, welche durch ein Denken und Handeln in Kontexten automatisierter Anlagen geprägt und in diesem Zusammenhang mit den Lernenden tiefergehend sind.

**Tabelle 1:** Kompetenzerfordernisse für Tätigkeiten der Aufrüstung

Technik und Ablauf/ Produktionsprozesse (Station 1)	Konsequenzen für Kompetenzprofile und Unterricht
Grundstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausrüstung mit Positionssensor der Serie D-MP von SMC, um die Zylinder zu IO-Link-fähigen Aktuatoren zu ertüchtigen</li> <li>• Ausstattung der elektropneumatischen Regler mit IO-Link-Technologie, Erkennung von Veränderungen im Prozess und Weiterleitung von Information an die Feldebene (z. B.: intelligente Druckregler, wie Modelle der ITV-Serie von SMC)</li> <li>• Auswahl, Installation, Steuerung und Instandhaltung von Industrie 4.0-fähiger Sensorik und Aktorik</li> <li>• Nachrüstung älterer Pneumatikzylinder</li> <li>• Montage von D-MP-Sensoren in der C-Nut und Erfassung der dortigen Kolbenposition berührungslos</li> <li>• Vernetzung der Stationen z. B. über PROFINET sowie Ermöglichung einer ständigen Funktionsüberwachung und Diagnose</li> <li>• Auswahl und Montage von RFID-Identsystemen zur Übermittlung der Werkstückzusammensetzung an die Bearbeitungsstationen</li> <li>• Bildung des Informationsschattens</li> </ul>
Schwenken	
Spannen	
Schwenken	
Ansaugen	
Entspannen	
Transport	
Ablegen	
Schwenken	
Verriegelung	
Gesamtanlage Station 1	

## 6 Fazit

Dieser Beitrag wurde eingeleitet mit der Hervorhebung einer ansteigenden Bedeutung von Automatisierungslösungen in Produktionsumgebungen, bis hin zu Anwendungen im Sinne von Industrie 4.0. Zentral erscheint dabei die Betrachtung der Kommunikationsprozesse innerhalb von Netzwerken, welche im Rahmen beruflich-technischer Facharbeit zu erstellen, analysieren, modifizieren oder ggf. instand zu halten sind. Es ist ersichtlich, dass dies einen erheblichen Lernbedarf für die Facharbeit, aber auch für angehende Lehrende in sich birgt. Denn Netzwerke können sehr unterschiedlich, vielfältig und komplex gestaltet sein, und die darin ablaufenden Kommunikationsprozesse bilden gleichsam die Mannigfaltigkeit und Komplexität der zu bewältigenden Anforderungen ab. Insofern gilt es, angehende Fachkräfte, vor allem aber auch die Lehrenden auf diese Herausforderungen gründlich vorzubereiten. Mithilfe der dargestellten Modellfabrik können diese Herausforderungen abgebildet werden: Es ist möglich, in kleinerem Maßstab freilich, jene Prozesse und Strukturen komplexer vernetzter Anlagen kennenzulernen, zu untersuchen, abzuändern bzw. flexibel zu gestalten. Durch die Herangehensweise einer Aufrüstung oder Erweiterung bzw. Modernisierung einer konventionellen Anlage wird gewissermaßen ein Übergang geschaffen von vormals konventionell generierter Funktionalität des Systems hin zu durch Digitalisierung unterstützend geschaffener Leistungserbringung der Anlage. Dieser Weg kann sich als nützlich erweisen, da die Unternehmen zweifellos den Weg zu digital gestützten Produktionsprozessen ebenso durch Aufrüstung bzw. Modernisierung gehen werden. In diesem Sinne gilt es hier, das Lernpotenzial zu heben und zu nutzen.

## Literatur

- Frey, K. (2005). *Die Projektmethode*, 10. überarbeitete Auflage, Weinheim und Basel, Beltz.
- Gorecky, D., Schmitt, M. & Loskyll, M. (2017). Mensch-Maschine-Interaktion im Industrie 4.0-Zeitalter. In B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl & M. ten Hompel (Hg.), *Handbuch Industrie 4.0 Bd. 4. Allgemeine Grundlagen*, S. 217–234. Berlin: Springer.
- Hartmann, M. D. (2015). Losgröße 1 – Methoden der Analyse beruflicher Handlungsprozesse und der Planung beruflicher Kompetenzentwicklung vor dem Hintergrund von Industrie 4.0. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) (Hg.), *Arbeitswissenschaft mit Interdisziplinarität und Methodenvielfalt. Dokumentation der Herbstkonferenz der GfA*. Dortmund: GfA-Press (Open Access).
- Hartmann, M. D. (2018): Zum Zusammenhang von beruflichen Handlungsprozessen und beruflicher Kompetenzentwicklung vor dem Hintergrund von „Industrie 4.0“. In G. G. Goth, S. Kretschmer & I. Pfeiffer (Hg.), *Auswirkungen der Elektromobilität auf die betriebliche Aus- und Weiterbildung*, S. 143–183. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2015). Entwicklungsperspektiven von Produktionsarbeit. In A. Bott-hof, Alfons & E. A. Hartmann (Hg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*, S. 89–98. Berlin: Springer.
- Oertwig, N. & Rimmelspacher, S. O. (2017). Anforderungen an ein Kommunikationsframework. In N. Weinert, M. Plank & A. Ullrich (Hg.), *Metamorphose zur intelligenten und vernetzten Fabrik*, S. 136–147. Berlin: Springer.
- Pahl, J.-P. (2008). *Bausteine beruflichen Lernens im Bereich „Arbeit und Technik“: Teil 2: Methodische Grundlegungen und Konzeptionen*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Pahl, J.-P. (2016). *Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren: ein Kompendium für den Lernbereich Arbeit und Technik*, 2016, 5. aktualisierte und erweiterte Auflage, Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Pahl, J.-P. & Herkner, V. (2007). *Instandhaltungsorientierte Unterrichtsverfahren: eine Arbeitsunterlage für den unterrichtspraktischen Gebrauch*, 2007, Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Reiss, M. & Reiss, G. (2018). *Praxisbuch IT-Dokumentation. Vom Betriebshandbuch bis zum Dokumentationsmanagement*. München: Carl Hanser.
- Ropohl, G. (2009). *Allgemeine Technologie: eine Systemtheorie der Technik*. Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe.
- Sawadogo, E. J. W., Kozłowski, T., Reuter, G. & Mueller, M. (2017). *Instandsetzung einer Automatisierungsanlage und Modernisierung zur „Modellfabrik 4.0“*; 27. Fachtagung der BAG Elektrotechnik, Informationstechnik, Metalltechnik, Fahrzeugtechnik am 13. und 14. März 2017 im Rahmen der 19. Hochschultage Berufliche Bildung an der Universität zu Köln. Verfügbar unter [https://www.bag-elektrometall.de/pages/HT2017/present/ak4\\_sawadogo.pdf+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=de](https://www.bag-elektrometall.de/pages/HT2017/present/ak4_sawadogo.pdf+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=de) (Zugriff am 07.12.2019).

- Siepmann, D. (2016a). Industrie 4.0 – Struktur und Historie. In A. Roth (Hg.), *Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0. Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis*, S. 17–34. Berlin: Springer.
- Siepmann, D. (2016b). Industrie 4.0 – Technologische Komponenten. In A. Roth (Hg.), *Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0. Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis*, S. 47–72. Berlin: Springer.
- Skowronek, R. (2017). Cloud Connectivity. In M. Weinländer (Hg.), *Industrielle Kommunikation: Basistechnologie für die Digitalisierung der Industrie*, S. 52–60. Berlin: Beuth.
- Vogel-Heuser, B., Bauernhansl, T. & ten Hompel, M. (Hg.). *Handbuch Industrie 4.0 Bd. 3: Logistik*. Berlin: Springer.
- Wilke, M.-K. (2017). Die Bedeutung personaler Kompetenzen für eine moderne Beruflichkeit im Kontext des Lehrerberufs. In *berufsbildung*, 71 (2017) 164, S. 27–30.
- Ziegler, A. (2017). Kommunikationsnetze der Zukunft: Multi-Service-Infrastrukturen als Kern der digitalen Fabrik. In M. Weinländer (Hg.), *Industrielle Kommunikation: Basistechnologie für die Digitalisierung der Industrie*, S. 61–77. Berlin: Beuth.

### Studentische Arbeiten im Rahmen der Projektbearbeitung

- Lutz, R. (2019). *Realisierung einer Steuerung für die Festo Modellfabrik (MPS) mithilfe eines Einplatinencomputers (Raspberry Pi) unter Beachtung kontextbezogener Anforderungskriterien sowie fachdidaktischer Aspekte*, Wissenschaftliche Arbeit im Fach Elektrotechnik und Informationstechnik, Lehramt an berufsbildenden Schulen; TU Dresden.
- Lutz, R., Peschke, J. & Ullrich, B. (2018). *Modellfabrik – Fehleranalyse & Instandsetzung*. Belegarbeit im Rahmen des Moduls „Fachbezogenes Projekt“ Höheres Lehramt an berufsbildenden Schulen, berufliche Fachrichtung und Informationstechnik, Wintersemester 2017/2018, TU Dresden, Projektbetreuer: Sawadogo.
- Reuter, G. & Kozłowski, T. (2017). *Darlegung der Arbeit am Projekt Modellfabrik Industrie 4.0*. Belegarbeit im Rahmen des Moduls „Fachbezogenes Projekt“ Höheres Lehramt an berufsbildenden Schulen, berufliche Fachrichtung und Informationstechnik, Sommersemester 2017, TU Dresden, Projektbetreuer: Sawadogo.
- Scharf, S. (2017). *Entwicklung der Modellfabrik zur Industrie 4.0*. Belegarbeit zum Modul „fachbezogenes Projekt“ im Höheren Lehramt an berufsbildenden Schulen, berufliche Fachrichtung und Informationstechnik; Sommersemester 2017; Projektbetreuer: Sawadogo.

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Kommunikationsvorgänge an Maschine bzw. Anlage .....	87
Abb. 2	Modellfabrik mit Computerarbeitsplätzen .....	94
Abb. 3	Schema der Modellfabrik in ihrer aktuellen Gestalt mit reduzierten technisch-kommunikativen Fähigkeiten zwischen den Stationen (W-LAN-unfähig, unidirektionale Kommunikation) .....	97
Abb. 4	Kommunikation der Station I (Ein- und Ausgänge) .....	98
Abb. 5	Schema der linearen und W-LAN-fähigen Modellfabrik .....	100
Abb. 6	Blockschema der Prozesse an Station I – geplante Veränderungen im Steuerungsprozess .....	101

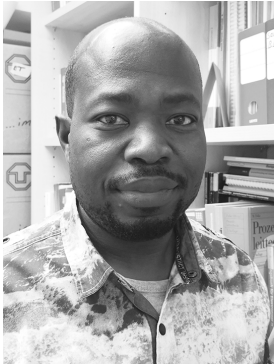
## Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Kompetenzerfordernisse für Tätigkeiten der Aufrüstung .....	102
--------	---	-----

## Autoren



Hartmann, Martin D., Prof. Dr., vertritt seit 2006/2007 die Professur Metall- und Maschinentechnik/Berufliche Didaktik am Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken der Technischen Universität Dresden und ist auch für die Berufliche Fachrichtung Elektrotechnik und Informationstechnik verantwortlich,  
[martin.hartmann@tu-dresden.de](mailto:martin.hartmann@tu-dresden.de)



Sawadogo, Eric J. Wendkouni, Dr., Berufsschullehrer im Bereich Industrielle Instandhaltung (Mechatronik)/Elektrotechnik ist langjähriger wissenschaftlicher Mitarbeiter, Studienprojektbetreuer an der beruflichen Fachrichtung Elektro- und Informationstechnik sowie Koordinator internationaler Projekte im Bereich der Berufs- und Lehrerbildung sowie der Curriculumentwicklung und Weiterbildung an der Professur für Metall- und Maschinentechnik/Berufliche Didaktik am Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken der TU Dresden, Weberplatz 5, 01217 Dresden,  
[Eric.Sawadogo@tu-dresden.de](mailto:Eric.Sawadogo@tu-dresden.de)



Wohlrabe, Dirk, Dipl.-Berufspädagoge, wiss. Mitarbeiter, Professur für Metall- und Maschinentechnik/Berufliche Didaktik an der TU Dresden, Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken, Weberplatz 5, 01217 Dresden,  
[dirk.wohlrabe@tu-dresden.de](mailto:dirk.wohlrabe@tu-dresden.de)



# Gehört das deutsche System der Berufsbildung bald „zum alten Eisen“?

TANJA MANSFELD

## Abstract

In der Debatte um die Folgen der Automatisierung und der Entwicklung der künstlichen Intelligenz (KI) und der Robotik wird das deutsche Berufsbildungssystem und hier insbesondere die industrielle Ausbildung infrage gestellt (vgl. Bosch 2016).

Rund 47 % der Aufgaben bzw. Tätigkeiten im US-Arbeitsmarkt könnten nach einer Studie von Frey und Osborne (vgl. 2017) bereits heute automatisiert werden. In Deutschland, insbesondere in den Berufsfeldern der Metallherzeugung und -bearbeitung, den Elektroberufen und bei den Industrie-, Werkzeugmechaniker:innen, liegt das Substituierbarkeitspotenzial laut Dengler und Matthes (vgl. 2015) mit 74 bis 82 % noch weit höher. Es ist davon auszugehen, dass Tätigkeiten mit sich häufig wiederholenden oder sehr strukturierten Arbeiten in einer vorhersehbaren Umgebung voraussichtlich vollständig automatisiert werden. Qualifizieren wir für wegfallende Berufe?

In vielen Ländern, wie bspw. den USA, gilt die duale Ausbildung als Vorbild und als wesentlich für den deutschen Wirtschaftserfolg, weshalb dort verstärkt in die Lehrlingsausbildung investiert wird (vgl. Juskalian 2018a). Immer häufiger werden jedoch Zweifel laut, ob das Modell mit dem technologischen Wandel Schritt halten kann. So bezweifeln Hanushek, Schwerdt, Woessmann u. a. (vgl. 2017), dass Fachkräfte durch das deutsche Berufsbildungssystem auf die Veränderung der Arbeitswelt infolge von Robotik, KI und Automatisierung gut vorbereitet sind, da sie nicht für die Dauer ihres Berufslebens auf den sehr berufsspezifischen Fähigkeiten aus der Ausbildung aufbauen könnten.

Dieser Beitrag beschäftigt sich zunächst mit der Frage, welche Tätigkeiten in Zukunft von Rechnern und Robotern übernommen werden könnten und welche Fähigkeiten von Arbeitnehmer:innen in der Zukunft erwartet werden. Anschließend stellt er zur Diskussion, wie sich Berufsbildung in der Metall- und Elektrotechnik nachhaltig gestalten lässt und welches Potenzial das deutsche System der Berufsbildung bietet.

In the debate about the consequences of automation and the development of artificial intelligence (AI) and robotics, the German vocational training in the dual system is questioned (cf. Bosch 2016).

According to a study by Frey and Osborne (cf. 2017), around 47 % of tasks and activities in the U. S. labor market could already be automated today. Dengler and

Matthes (cf. 2015) stated, the substitutability potential in Germany, especially in the occupational fields of metal production and processing, electrical occupations, and among industrial and tool mechanics, is even higher at 74 to 82 %. It can be assumed that activities involving frequently repetitive or highly structured work in a predictable environment will probably be fully automated. Are we qualifying for jobs that are discontinued?

In many countries, such as the USA for example, vocational training in the dual system is regarded as a model and as essential for German economic success, which is why more investment is being made in apprentice training there (cf. Juskalian 2018). However, more and more doubts are being raised as to whether the model can keep pace with technological change. For example, Hanushek, Schwerdt, Woessmann et al. (cf. 2017) doubt that skilled workers are well prepared by the German vocational training system for the changes in the world of work as a result of robotics, AI and automation.

First, this article deals with the question of which activities could be taken over by computers and robots in the future and which skills are expected of employees in the future. After that, it discusses how vocational training in metalworking and electrical engineering could be designed sustainably and what potential the German vocational training in the dual system offers.

## Schlagworte im Umfeld der Digitalisierung

Insbesondere in den großen Unternehmen nimmt die Digitalisierung bereits seit einigen Jahrzehnten zu. Termini wie Industrie 4.0, Digitale Fabrik, Smart Factory und Cyber-Physische Systeme (CPS) prosperieren. Deshalb soll hier zunächst ein kurzer Überblick über diese Begriffe gegeben werden.

Der Terminus *Industrie 4.0*, erstmals auf der Hannover Messe 2011 in Umlauf gebracht (vgl. Draht 2014), soll für die vierte industrielle Revolution stehen (vgl. BMWi 2016). Die Interpretation des Begriffs ist jedoch nicht einheitlich. Er wird meist technikzentriert verstanden und verwendet, ohne Berücksichtigung des Menschen und der Entwicklung neuer Kollaborationsformen (vgl. Syska, Volkmer & Felsner 2016). Als Kernkomponenten werden oft das Industrial Internet of Things (IIoT), also das Internet der Dinge im industriellen Umfeld, Big Data, d. h. die Produktion von großen Datenmengen durch den Einsatz von Sensoren und dem IIoT und die Echtzeitanalyse dieser Daten, sowie die digitale Infrastruktur zur Verbindung aller Komponenten gesehen (vgl. EEF/Oracle 2018). Im internationalen Raum wird die Bezeichnung Industrie 4.0 meist nicht verwendet (vgl. Bornemann 2016). Das Konzept wird dort bspw. Industrie du Futur (Frankreich), Industria Conectada (Spanien) oder Made Different (Belgien) genannt (vgl. EEF/Oracle 2018).

Oft wird auch der Begriff der *Digitalen Fabrik* verwendet. Hierunter ist nach Zäh, Patron und Fusch „die Gesamtheit der Mitarbeiter, Softwarewerkzeuge (Applikationen) und Prozesse, die zur Erstellung der virtuellen und reellen Produktion

notwendig sind“ (2003, S. 76), zu verstehen. Sämtliche Prozesse und Planungen, von der Idee bis zum Produktlebensende, werden digital durchgeführt, im Idealfall basierend auf einer gemeinsamen Datenbasis und vor der Umsetzung simuliert.

Ebenso gibt es für den Begriff der *Cyber-Physischen Systeme* (auch Cyber-Physikalische Systeme oder Cyber-Physical Systems) keine allgemein anerkannte Definition. Die Forschungsagenda CPS beschreibt Cyber-Physische Systeme als eine Verbindung zwischen software-intensiven Systemen, die in Produkten und Systemen eingebettet sind, und Informationsnetzen wie dem Internet (vgl. acatech 2011). Die sog. *Smart Factory* wiederum besteht aus einer Reihe von Cyber-Physischen Systemen.

## Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeit

Bleiben die Begrifflichkeiten unberücksichtigt, besteht hingegen Einigkeit darüber, dass die zunehmende Digitalisierung, die Globalisierung, der demografische Wandel und ebenso der damit einhergehende kulturelle und gesellschaftliche Wandel dramatische Veränderungen in der Lebens- und Arbeitswelt der Facharbeiter:innen der Metall- und Elektrotechnik bewirken werden: Produktionstechnische Arbeitsabläufe werden erhebliche Umgestaltungen erfahren. Damit ändern sich Anforderungen, Arbeitszuschnitte und Arbeitsbedingungen sowie das Verhältnis von Menschen und Maschinen; Roboter und Rechner übernehmen immer mehr Verrichtungen der Fachkräfte.

Vornehmlich die Automatisierung und die Übernahme von Aufgaben und Tätigkeiten, die von Computern oder computergesteuerten Systemen ausgeführt werden können, werden zu erheblichen Veränderungen auf dem künftigen Arbeitsmarkt führen. Eine Studie von Frey und Osborne (vgl. 2013) ergab, dass fast die Hälfte der Arbeitsplätze durch Automatisierung gefährdet ist. Die Autoren haben dabei die Berufe nach ihrer zukünftigen Automatisierungswahrscheinlichkeit unterschieden. Ein Beruf hat demnach ein hohes Automatisierungsrisiko, wenn er zu mehr als 70 % aus Routine-Tätigkeiten besteht. Berufe aus der Industrie, insbesondere im Bereich der Metall- und Elektrotechnik, haben dabei eine sehr hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit (Mechatroniker: 81 %, Werkzeug- und Formenbauer: 84 %, Elektrotechniker: 84 %, Montaguearbeiter: 97 %) (vgl. Frey & Osborne 2013). Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die US-amerikanischen Berufe und Tätigkeiten nicht eins zu eins auf das deutsche System übertragen lassen.

Dengler und Matthes haben erstmals 2013 für das deutsche System untersucht, welche charakteristischen Aufgaben (Tätigkeiten) eines Berufs in der Theorie bereits von Computern oder computergesteuerten Maschinen verrichtet werden könnten, d. h. wie groß das Substituierbarkeitspotenzial der einzelnen Berufe ist. Sie haben dafür die berufskundlichen Informationen der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit (BA) verwendet und für jede der Tätigkeiten ermittelt, ob sie automatisierbar ist oder nicht. Um die Höhe des Substituierbarkeitspotenzials zu bestimmen, orientierten sie sich an deren Anteil an Routinetätigkeiten des jewei-

ligen Berufs (vgl. Dengler & Matthes 2015). Demnach liegt das Substituierbarkeitspotenzial für das Berufsfeld Metallerzeugung, -bearbeitung bei 82,5 %, das für Elektroberufe bei 75,6 %.

Um die Fortschritte der Digitalisierung und die Änderung der Berufsbilder zu berücksichtigen, wurden im Jahr 2016 nach dem gleichen Verfahren die Einschätzungen der Substituierbarkeitspotenziale aktualisiert (s. a. <https://job-futuromat.iab.de>) (vgl. Dengler & Matthes 2018a; Dengler 2019). Es zeigt sich, dass das Substituierbarkeitspotenzial zwischen 2013 und 2016 für alle Anforderungsniveaus und in so gut wie allen Berufssegmenten zugenommen hat. Der Anteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in einem Beruf mit erheblichem Substituierbarkeitspotenzial hat sich im selben Zeitraum von rund 15 % (4,4 Millionen) auf fast 25 % (7,9 Millionen) erhöht (vgl. Dengler 2019, S. 17 f.). Damit haben in „Deutschland [...] 2016 fast acht Millionen sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Berufen gearbeitet, in denen mindestens siebzig Prozent der anfallenden Tätigkeiten von Computern oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten“ (Dengler & Matthes 2018a, S. 60).

In den fertigungstechnischen Berufen<sup>1</sup> lag das Substituierbarkeitspotenzial am höchsten – sowohl im Jahr 2013 (65 %) als auch im Jahr 2016 (70 %) (vgl. Dengler 2019). Den Anstieg des Substituierbarkeitspotenzials führen Dengler und Matthes (vgl. 2018b) hauptsächlich auf vier zwischen 2013 und 2016 marktreif gewordene Technologien zurück: mobile, kollaborative Roboter, selbstlernende Computerprogramme, erste Anwendungen von 3D-Druck und virtuelle Realität.

Hingegen sind in den Verkehrs- und Logistikberufen zwischen 2013 und 2016 die größten Veränderungen in Bezug auf das Substituierbarkeitspotenzial zu verzeichnen. Der Anteil der Tätigkeiten, die potenziell von Computern erledigt werden könnten, ist hier von 36 % auf 56 % gestiegen. Das liegt insbesondere an neuen Technologien der Logistik und Intralogistik, bei der Tätigkeiten, die bisher nur von Menschen ausgeführt werden konnten, nun von Robotern verrichtet werden (vgl. Dengler 2019).

Verschiedene Autoren weisen darauf hin, dass Arbeitsplätze durch diese Veränderungen nicht unbedingt verloren gehen bzw. dass neue Arbeitsplätze durch die Digitalisierung und Industrie 4.0 geschaffen würden (bspw. Dengler 2019; Weber 2017; Zika, Helmrich, Maier u. a. 2018). Zika, Helmrich, Maier u. a. betonen z. B., dass durch die fortschreitende Digitalisierung zwar 1,5 Millionen Arbeitsplätze entfallen werden, zeitgleich jedoch annähernd in gleichem Maße daraus neue Jobs resultieren. Diesem Szenario muss jedoch entgegengesetzt werden, dass diese neu geschaffenen Arbeitsplätze für diejenigen, die ihre Arbeitsplätze verlieren, voraussichtlich kaum geeignet sind. Diese Arbeitskräfte müssten dann, um nicht arbeitslos zu werden, umschulen oder sich weiterbilden.

---

<sup>1</sup> Zu diesen gehören nach der Klassifikation der Berufe der Bundesagentur für Arbeit die Maschinen- und Fahrzeugtechnikberufe, die Mechatronik-, Energie- und Elektroberufe sowie die technischen Forschungs-, Entwicklungs-, Konstruktions- und Produktionssteuerungsberufe (vgl. Bundesagentur für Arbeit 2013).

Natürlich muss hervorgehoben werden, dass es sich in den jeweiligen Studien um das Substituierbarkeitspotenzial handelt, das bereits mit den heutigen Technologien erreicht werden *kann*. Das könnte folgerichtig so interpretiert werden, dass es eventuell auch *zukünftig* gar nicht ausgeschöpft *wird*. Jedoch ist dazu anzumerken, dass dieses Potenzial bei Weitem noch nicht ausgeschöpft ist, was u. a. auch daran liegt, dass bspw. die Automatisierung noch nicht in allen Betrieben so weit fortgeschritten ist, wie es technisch bereits möglich wäre. Aber auch infrastrukturelle Hindernisse, wie z. B. unzureichend ausgebaute leistungsfähige Datennetze können die Anwendung einiger Technologien blockieren. Mit dem 2018 im Koalitionsvertrag für die 19. Legislaturperiode beschlossenen Ausbau der digitalen Infrastruktur ist jedoch in naher Zukunft abzusehen, dass dieses Potenzial ausgeschöpft und sicherlich auch noch durch neue technologische Möglichkeiten erweitert werden wird.

Tätigkeiten mit sich häufig wiederholenden oder sehr strukturierten Aktionen in einer vorhersehbaren Umgebung werden damit voraussichtlich vollständig automatisiert werden. Und auch bei weiteren Berufen (eingeschlossen solche aus dem nicht-industriellen Bereich, wie Rechtsanwaltsfachangestellte, Kreditsachbearbeiter:in, Darlehensberater:in, Buchhalter:in und Steuerberater:in) werden die meisten Aufgabenbereiche automatisiert werden (vgl. Tegmark 2017). Überdies ist die Entstehung neuer Arbeitsplätze durch die Digitalisierung eher unwahrscheinlich (s. a. Mansfeld 2019). Das bedeutet, dass in Zukunft viel weniger Arbeitskräfte benötigt werden (vgl. Tegmark 2017).

Das World Economic Forum weist in seinem „Future of Jobs Report 2018“ (vgl. WEFForum 2018) jedoch darauf hin, dass es Feedbackschleifen zwischen den verschiedenen Faktoren wie neuen Technologien, Arbeitsplätzen und Kompetenzen gibt. So können die neuen Technologien einerseits zwar das Unternehmenswachstum, die Schaffung von Arbeitsplätzen und die Nachfrage nach Fachkräften fördern, aber auch dazu führen, dass Arbeitsplätze völlig verändert werden, wenn bestimmte Aufgaben automatisiert werden. Daraus und aus dem zu erwartenden Verlust von Millionen von Arbeitsplätzen aufgrund technologischer Verwerfungen entsteht nach Ansicht der Autor:innen des Berichts die Notwendigkeit einer Umschulungsrevolution (vgl. ebd.). Zu diesen Ergebnissen kommt auch die IAB-ZEW-Betriebsbefragung „Arbeitswelt 4.0“ (vgl. Arntz, Gregory, Lehmer u. a. 2016): Um die technologischen Umwälzungen zu bewältigen, werden Weiterbildungen benötigt (s. a. Weber 2017).

Am besten werden bei den derzeitigen Transformationen diejenigen Arbeitskräfte abschneiden, die über ein tieferes Fachwissen in bestimmten Bereichen und über „hybride“ Fähigkeiten verfügen. Gemeint sind damit übertragbare Fähigkeiten wie Zusammenarbeit und kritisches Denken. Die Autor:innen des „Future of Jobs Report 2018“ sehen in allen Branchen eine steigende Nachfrage nach Arbeitskräften mit sozialen Fähigkeiten, wie Überzeugungskraft, emotionaler Intelligenz und der Fähigkeit zur Unterweisung anderer, während der Bedarf an technischen Fähigkeiten, wie Programmieren oder Steuern und Bedienen von Geräten, abnehmen wird. Die technischen Fähigkeiten müssen durch starke Sozial- und Kooperationsfähigkeiten ergänzt werden. IKT-Kenntnisse, aktives Lernen und kognitive Fähigkeiten, wie

Kreativität und mathematisches Denken, sowie Prozesskenntnisse, wie aktives Zuhören und kritisches Denken, werden in vielen Arbeitsbereichen zunehmend gefordert sein (vgl. WEFForum 2016 und 2018; Bughin, Hazan, Lund u. a. 2018).

## **Bereitet das deutsche Berufsbildungssystem auf den technologischen Wandel ausreichend vor?**

Vor diesen Szenarien werden von verschiedenen Autoren (bspw. Hanushek, Schwerdt, Woessmann u. a. 2017; Juskalian 2018a, b; Krueger & Kumar 2004; Wößmann 2019) immer häufiger jedoch Zweifel laut, ob das deutsche System der Berufsbildung mit dem technologischen Wandel Schritt halten kann. So bezweifeln Hanushek, Schwerdt, Woessmann u. a. (vgl. 2017), dass Fachkräfte durch das deutsche Berufsbildungssystem auf die Veränderung der Wirtschaft infolge von Robotik, KI und Automatisierung gut vorbereitet sind, da sie nicht für den Rest ihres Berufslebens auf den sehr berufsspezifischen Fähigkeiten aus der Ausbildung aufbauen können.

Diese Kritik greift jedoch gerade nicht. Denn das deutsche System der Berufsbildung bildet eben nicht für spezifische Kontexte der Unternehmen aus, sondern ist auf „das Prinzip der umfassenden beruflichen Handlungskompetenz fokussiert“ (Meyer 2018). So ist in der Rahmenvereinbarung über die Berufsschule (vgl. KMK 2015) bestimmt, dass die Berufsschule die Aufgabe hat, den Schüler:innen sowohl berufsbezogene als auch berufsübergreifende Kompetenzen zu vermitteln und somit „zur Ausübung eines Berufes und zur Mitgestaltung der Arbeitswelt und Gesellschaft in sozialer, ökonomischer und ökologischer Verantwortung“ (KMK 2015, S. 2) zu befähigen. Die Vorgabe durch die Rahmenlehrpläne, die Ausbildung handlungsorientiert und nach Lernfeldern strukturiert durchzuführen (vgl. KMK 2018), bietet eine Reihe von Optionen, systematisches und kasuistisches Lernen so zu organisieren, dass individuelle Anpassungsleistungen im Arbeitsprozess und in der Berufsbildung zu erreichen sind, d. h. der Subjektbezug von Bildungsprozessen bewirkt wird (vgl. Mansfeld & Schütte 2013). Das Lernfeldkonzept soll mit einem handlungsorientierten Unterricht systemorientiertes vernetztes Denken und Handeln fördern. Komplexe und exemplarische Aufgaben und Problemstellungen sollen auf ein produktives, lebenslanges Lernen und Arbeiten in der digitalen Welt vorbereiten (vgl. KMK 2018). Künftige Arbeitnehmer:innen werden damit so ausgebildet, dass ihre Qualifikation weit über das hinausgeht, was in den einzelnen Ausbildungsbetrieben ökonomisch verwertbar ist (vgl. Meyer 2018). Auf diese Weise werden auch die Kompetenzen entwickelt, die im „Future of Jobs Report 2018“ als erforderlich gesehen bzw. die aller Voraussicht nach benötigt werden, um in der vierten industriellen Revolution zu bestehen.

Dieses Prinzip steht damit völlig im Gegensatz zu den Modellen der EU und der meisten anderen Länder, wo auf „enge ‚Kompetenzen‘ statt auf [eine] breite Qualifikation, Outcome- statt Input-Orientierung, (Skill-)Training statt (Berufs-)Erziehung, Modularisierung statt Bildungsgang-Didaktik“ (Greinert 2008, S. 11) abgezielt wird.

## Was ist zu tun?

Der Fokus in der Berufsausbildung sollte weiterhin auf „breite“ Qualifikationen gelegt werden. Dem Trend, präzisere Ausrichtungen in der Spezialisierung vorzunehmen und die Einzelinteressen einiger Unternehmen zu berücksichtigen, sollte nicht gefolgt werden. Ebenso ist die Entwicklung eines neuen Berufs „Industrie 4.0“ nicht zweckmäßig (vgl. Spöttl & Windelband 2017). Viel wichtiger ist es hingegen, dass die Schüler:innen lernen, mit vielfältigen Datenformaten umzugehen. Auf diese Weise können sie auf künftige digitale Anforderungen flexibel reagieren. Sie müssen darüber hinaus lernen, Prozesse nachvollziehen und kontrollieren zu können, um so vernetzte Arbeitsbereiche zu verstehen. In gleichem Maße werden Kooperation und Kommunikation Kompetenzen sein, die auch in Zukunft wichtig sein werden, um multidimensionale Aufgaben gemeinsam bewältigen zu können. Basis hierfür ist außerdem die Interdisziplinarität (vgl. ebd.). Sie erleichtert dabei nicht nur die Verständigung und das gemeinsame Lösen von Problemen, sondern auch möglicherweise notwendige Arbeitsplatzwechsel.

In vielen Betrieben sind Bestandteile der Industrie 4.0 bereits implementiert (vgl. Spöttl & Windelband 2017). Um zu prüfen, welche Handlungsfelder der Metall- und Elektroberufe durch die Digitalisierung betroffen sein könnten und deshalb in den Ausbildungsordnungen ergänzt bzw. abgeändert werden sollten, können neun generische Handlungsfelder verwendet werden, die in einer Studie für die bayerischen Metall- und Elektro-Arbeitgeber (vgl. bayme vbm 2016) identifiziert wurden. Die genannten Inhalte müssen, sofern sie nicht schon jetzt in den jeweiligen Curricula vorhanden sind, so bald wie möglich aufgenommen werden.

Für diese Ziele muss weiterhin in den Schulen Infrastruktur bereitgestellt werden. Damit die Schüler:innen den Umgang mit den unterschiedlichen Datenformaten erlernen können, sind für die entsprechenden Programme Rechner mit hoher Rechenleistung und hoher Speicherkapazität erforderlich. Um Software für den Erwerb dieser Kompetenzen in Lernsituationen zu verwenden, müssen wiederum die Lehrkräfte ausgebildet sein. Nicht zu vergessen sind die Arbeitszeit, die für die Beschaffung von und Einführung in Software, die technische Betreuung, die Wartung und die Erneuerung der Ausstattung bereitzustellen ist, sowie die benötigten Mittel für Lizenzkosten. Es ist notwendig, Lehr-Lern-Arrangements zu konzipieren, was zeit- und dadurch kostenintensiv ist: Lern- und Übungsaufgaben müssen formuliert, Kontextinformationen ausgearbeitet und Begleitmaterial, wie bspw. Programmdokumentationen, verfasst werden. Im Nachgang müssen die entwickelten Lehr-Lern-Arrangements evaluiert und überarbeitet werden. Um digitale Anwendungen sinnvoll in Unterricht einbinden zu können, ist es zwingend erforderlich, eine medienpädagogische Grundbildung in das Lehramtsstudium aufzunehmen, da diese nach wie vor in vielen Studiengängen der Lehrer:innenbildung nicht vorhanden ist. Zugleich ist eine medienpädagogische Weiterbildung als phasenübergreifendes Angebot der Lehrer:innenbildung sowie die Festschreibung des Aufbaus von Medienkompetenz in den Curricula der Unterrichtsfächer geboten (vgl. Mansfeld 2019).

Mit der Digitalisierung der Arbeitswelt werden deutliche und einschneidende Auswirkungen für das Gefüge der Berufsbildungsprozesse und vor allem für die Arbeitswelt der Facharbeiterberufe der Metall- und Elektrotechnik zutage treten. Deshalb müssen Faktoren wie Gestaltung, Regulierung, die Humanisierung von Arbeit, das Thema Teilhabe und auch Arbeitszeit, aber auch Datensicherheit und -schutz künftig in der Berufsausbildung berücksichtigt werden (vgl. Dobischat 2016). Absehbar ist, dass jemand, der heute eine Berufsausbildung beginnt, sich zeitlebens weiterbilden muss, um am Arbeitsmarkt bestehen zu können. Hierfür ist es notwendig, dass wirtschafts-, bildungs- und arbeitsmarktpolitische Maßnahmen ergriffen werden. Die Weiterbildung muss dafür eine ebenso große Bedeutung wie die Erstausbildung bekommen (vgl. Weber 2017).

Da aber auch die Möglichkeit besteht, dass in Zukunft nicht mehr für jeden Menschen ein Arbeitsplatz zur Verfügung steht, wird sich unweigerlich unsere Gesellschaft ändern. Wenn wir auf diese Veränderung Einfluss nehmen wollen, müssen wir bereits heute die Weichen stellen, um diese künftige Gesellschaft nach unseren Vorstellungen zu gestalten. Dafür müssen wir wählen, ob wir so leben möchten, dass die Produktivität immer weiter gesteigert wird und die Gewinne der Unternehmen weiter zunehmen, im Gegenzug aber ein großer Bevölkerungsteil ohne Arbeit ist und verarmt, oder ob wir einen neuen Gesellschaftsvertrag mit einem neuen Wertesystem beschließen – möglicherweise ohne eine Leistungsgesellschaft in der heutigen Form (vgl. Precht 2018; Mansfeld 2019).

## Fazit

Das deutsche System der Berufsbildung gehört nicht „zum alten Eisen“. Es muss nur darauf geachtet werden, dass nicht ausschließlich den Interessen der Industrie gefolgt und nicht jeder von der Wirtschaft identifizierte Trend schnellstmöglich umgesetzt wird. Ausbildung muss so gestaltet sein, dass künftige Facharbeiter:innen informiert mit digitaler Technik umgehen und Risiken dieser abschätzen können, kommunikationsfähig und kreativ sind und interdisziplinär arbeiten können. Einigkeit herrscht hierbei, dass jemand, der heute eine Berufsausbildung macht, darauf eingestellt sein muss, sich zeitlebens weiterzubilden. Was daher dringend reformbedürftig ist, ist die Organisation der Weiterbildung, die auf diese Entwicklung angepasst sein muss – und die Gestaltung der Zukunft der Arbeit. Sonst laufen wir Gefahr, eine Flut von Arbeitslosen zu produzieren.



## Literatur

- acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2011). *Cyber-Physical Systems. Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Arntz, M., Gregory, T., Lehmer, F., Matthes, B. & Zierahn, U. (2016). *Arbeitswelt 4.0 – Stand der Digitalisierung in Deutschland. Dienstleister haben die Nase vorn*. Nürnberg (IAB-Kurzbericht, 22/2016). Verfügbar unter <http://doku.iab.de/kurzber/2016/kb2216.pdf> (Zugriff am: 30.06.2019).
- bayme vbm (2016). *Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie*. München. Verfügbar unter <https://www.baymevbm.de/industrie4.0> (Zugriff am: 17.05.2018).
- Becker, M., Spöttl, G. & Windelband, L. (2017). Berufsprüfung für Industrie 4.0 weiterentwickeln. Erkenntnisse aus Deckungsanalysen am Beispiel des Ausbildungsprofils Mechatroniker/-in. *BWP* (2), S. 14–18.
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (2016). *Was ist Industrie 4.0?* Verfügbar unter <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html> (Zugriff am 22.12.16).
- Bornemann, S. (2016). *Revolution auf Kommando? – Industrie 4.0, eine Kritik*. Verfügbar unter <http://www.lead-conduct.de/2016/03/07/industrie-4-0-eine-kritik/> (Zugriff am 30.09.2016).
- Bosch, G. (2016). *Ist die industrielle Ausbildung ein Auslaufmodell?* Institut Arbeit und Qualifikation. Duisburg (IAQ-Standpunkt, 2016–01). Verfügbar unter <http://www.iaq.uni-due.de/iaq-standpunkte/2016/sp2016-01.pdf> (Zugriff am 29.03.2016).
- Bughin, J., Hazan, E., Lund, S., Dahlström, P., Wiesinger, A. & Subramaniam, A. (2018). *Skill shift: Automation and the future of the workforce. Discussion Paper*. Hg. v. McKinsey Global Institute. McKinsey & Company.
- Bundesagentur für Arbeit (2013). *Klassifikation der Berufe 2010 – Systematisches Verzeichnis*. Verfügbar unter: <https://statistik.arbeitsagentur.de/Statistischer-Content/Grundlagen/Klassifikation-der-Berufe/KldB2010/Systematik-Verzeichnisse/Generische-Publikationen/Systematisches-Verzeichnis-Berufsbenennung.xls>, zuletzt aktualisiert am 25.09.2013 (Zugriff am 28.06.2019).
- Dengler, K. (2019). *Substituierbarkeitspotenziale von Berufen und Veränderbarkeit von Berufsbildern*. Impulsvortrag für die Projektgruppe 1 der Enquete-Kommission „Berufliche Bildung in der digitalen Arbeitswelt“ des Deutschen Bundestags am 11.3.2019. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung: Nürnberg (IAB-Stellungnahme, 02/2019).
- Dengler, K. & Matthes, B. (2015). *Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. IAB Forschungsbericht*. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung: Nürnberg (IAB-Forschungsbericht, 11).

- Dengler, K. & Matthes, B. (2018a). Digitalisierung in Deutschland. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen und die möglichen Folgen für die Beschäftigung. In: R. Dobischat, B. Käßlinger, G. Molzberger & D. Münk (Hg.): *Bildung 2.1 für Arbeit 4.0?*, S. 49–62. Wiesbaden: Vieweg.
- Dengler, K. & Matthes, B. (2018b). *Wenige Berufsbilder halten mit der Digitalisierung Schritt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen*. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) der Bundesagentur für Arbeit. Nürnberg (IAB-Kurzbericht, 4). Verfügbar unter <http://doku.iab.de/kurzber/2018/kb0418.pdf> (Zugriff am 26.02.2018).
- Dobischat, R. (2016). Ausbilden für Industrie 4.0. *berufsbildung* 70 (159), S. 2.
- Drath, R. (2014). Industrie 4.0 – eine Einführung. *Open Automation* (2014) 3, S. 17–21.
- EEF/Oracle (2018): *UK Manufacturing and the 4th Industrial Revolution*. Verfügbar unter <https://www.eef.org.uk/campaigning/campaigns-and-issues/current-campaigns/industry-four/4th-industrial-revolution-facts-and-figures> (Zugriff am 25.05.2018).
- Frey, C. B. & Osborne, M. A. (2013). *The Future of Employment. How susceptible are jobs to computerisation?* Oxford Martin School. Verfügbar unter <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/publications/the-future-of-employment-how-susceptible-are-jobs-to-computerisation> (Zugriff am 02.05.2018).
- Frey, C. B. & Osborne, M. A. (2017). The future of employment. How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change* 114, S. 254–280.
- Greinert, W.-D. (2008): Beschäftigungsfähigkeit und Beruflichkeit – zwei konkurrierende Modelle der Erwerbsqualifizierung? *BWP* (4), S. 9–12.
- Hanushek, E. A., Schwerdt, G., Woessmann, L. & Zhang, L. (2017). General Education, Vocational Education, and Labor-Market Outcomes over the Lifecycle. *Journal of Human Resources* 52 (1), S. 48–87.
- Juskalian, R. (2018a). Auslaufmodell Ausbildung? *Technology Review* (9), S. 58–59.
- Juskalian, R. (2018b). Rebuilding Germany's centuries-old vocational program. *MIT Technology Review* (7).
- KMK (Kultusministerkonferenz) (2015). *Rahmenvereinbarung über die Berufsschule* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 12.03.2015). Berlin.
- KMK (Kultusministerkonferenz) (2018). *Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe*. Berlin.
- Krueger, D. & Kumar, K. B. (2004). Skill-specific rather than General Education. A Reason for US-Europe Growth Differences? *Journal of Economic Growth*, 9 (2), S. 167–207.
- Mansfeld, T. (2019). Digitalisierung der Arbeit – Was kommt da auf uns zu und wie gehen wir damit um? In U. Neustock, B. Mahrin, M. D. Hartmann, S. Jaschke & T. Vollmer (Hg.), *Gewerblich-technische Berufsbildung und Digitalisierung. Praxiszugänge – Unterricht und Beruflichkeit*, S. 11–20. Bielefeld: wbv Media.
- Mansfeld, T. & Schütte, F. (2013). Neuordnung der Metallberufe. Eine Zehnjahresbilanz. *lernen & lehren* 28 (111), S. 98–103.

- Meyer, R. (2018). Beruflichkeit in Zeiten der Akademisierung. *Denk-doch-Mal.de (Online-Zeitschrift)* (1). Verfügbar unter <http://denk-doch-mal.de/wp/rita-meyer-beruflichkeit-in-zeiten-der-akademisierung/> (Zugriff am 27.06.2019).
- Precht, R. D. (2018). *Jäger, Hirten, Kritiker. Eine Utopie für die digitale Gesellschaft*. München: Goldmann.
- Spöttl, G. & Windelband, L. (2017). Industrie 4.0 – Neugestaltung industrieller Prozesse und Konsequenzen für die Berufsausbildung. In G. Spöttl & L. Windelband (Hg.), *Industrie 4.0. Risiken und Chancen für die Berufsbildung*, S. 225–240. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Syska, A., Volkmer, R. & Felser, W. (2016). Industrie 4.0 – Fünf Irrtürme (sic!) und ein Bigger Picture! Verfügbar unter <https://leanbase.de/publishing/leanmagazin/industrie-4-0-funf-irrturmer-und-ein-bigger-pictur> (Zugriff am 30.09.2016).
- Tegmark, M. (2017). *Leben 3.0. Mensch sein im Zeitalter Künstlicher Intelligenz*. Berlin: Ullstein.
- Weber, E. (2017). Digitalisierung als Herausforderung für eine Weiterbildungspolitik. *Wirtschaftsdienst – Zeitschrift für Wirtschaftspolitik* 2017 (5), S. 372–374.
- WEForum (2016). *The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. Verfügbar unter [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf) (Zugriff am 23.05.2018).
- WEForum (2018): *The future of jobs report 2018*. Unter Mitarbeit von T. A. Leopold, V. S. Ratcheva & S. Zahidi. Cologny/Geneva: World Economic Forum (Insight report). Verfügbar unter <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018> (Zugriff am 23.09.2019).
- Wößmann, L. (2019). *How Vocational and General Education Affect the Labor-Market Life-Cycle. European Expert Network on Economics of Education (EENEE) (POLICY BRIEF, 1/2019)*. Verfügbar unter [http://www.eenee.de/dms/EENEE/Policy\\_Briefs/Policy\\_Brief1-2019.pdf](http://www.eenee.de/dms/EENEE/Policy_Briefs/Policy_Brief1-2019.pdf) (Zugriff am 30.06.2019).
- Zika, G., Helmrich, R., Maier, T., Weber, E. & Wolter, M. I. (2018). *Arbeitsmarkteffekte der Digitalisierung bis 2035: Regionale Branchenstruktur spielt eine wichtige Rolle*. Nürnberg (IAB-Kurzbericht, 09/2018).
- Zäh, M. F., Patron, C. & Fusch, T. (2003). Die Digitale Fabrik. Definition und Handlungsfelder. *ZWF* (03), S. 75–77.

## Autorin



Prof. Dr. Tanja Mansfeld, Professorin für Berufspädagogik, Leiterin des Fachbereichs Sozialwissenschaften an der bbw Hochschule, Leibnizstraße 11–13, 10625 Berlin, Tel.: +49 30 3199095–57, [tanja.mansfeld@bbw-hochschule.de](mailto:tanja.mansfeld@bbw-hochschule.de)

# Technische Produktdesignerinnen und -designer: Auswirkungen der Digitalisierung auf Arbeitsprozesse und Konsequenzen für eine zukunftsgerechte Unterrichtsentwicklung

BRITTA SCHLÖMER

## Abstract

Bereits seit den 1990er Jahren wirkt sich die Digitalisierung tiefgreifend auf die zeichnerischen Berufe der Fachrichtung Metalltechnik aus und führte zu diversen ordnungspolitischen Maßnahmen. Am Beispiel der Technischen Produktdesigner:innen wird im Beitrag zunächst aufgezeigt, welche Auswirkungen die Digitalisierung auf die Arbeitsprozesse in diesem Beruf bereits hatte und welche weiteren Entwicklungen prognostiziert werden können. Hierzu werden empirische Befunde aus Arbeitsprozessanalysen an aktuellen Thesen und Szenarien zur Digitalisierung von Beruf und Arbeit reflektiert. Schließlich werden im Beitrag Prinzipien, Annahmen und Konzepte zur Unterrichtsentwicklung abgeleitet sowie exemplarisch konkrete Beispiele vorgestellt.

Digitalization has had a profound effect on the drafting professions in the field of metal technology since the 1990s and led to diverse regulatory measures. Using the example of technical product designers, the article shows the effects of digitalization on the work processes in this profession and what other developments can be predicted. For this, empirical results of work process analyses are reflected on current theses and scenarios for the digitalization of profession and work. Finally, principles, assumptions and concepts for developing lessons are inferred as well as concrete examples are presented.

## 1 Einleitung

Mit Einführung der ersten Systeme einer computergestützten Konstruktion bzw. eines Computer-Aided-Designs (CAD) gegen Ende der 1970er Jahre, zunächst in der Luft- und Raumfahrt und kurze Zeit später in der Automobilbranche, haben sich die Produktentwicklung und industrielle Konstruktion im Maschinenbau tief greifend verändert. Die anfänglich teuren und gleichzeitig langsamen sowie schwer zu bedienenden Systeme haben sich zu erschwinglichen, anwenderfreundlichen und leistungsstarken Systemlösungen entwickelt, mit denen sich die Konstruktions- und Leistungserstellungsprozesse effizienter, kostengünstiger, dynamischer und besser planbar gestalten lassen (vgl. Grieb 2010, S. 17 ff.; Hehenberger 2011, S. 3 ff.). Folglich werden Produkte im Bereich der Metalltechnik heute weitestgehend virtuell entwickelt, wobei von der Ideenfindung über Konzeption, Entwicklung, Konstruktion und Simulation bis hin zur Fertigung alle Schritte mit integrierten Softwarelösungen digital vollzogen werden können.

Mit diesem technologischen Wandel ergeben sich erhebliche Konsequenzen für Beruf und Arbeit: „Die besondere Herausforderung liegt vor allem bei den Mitarbeitern in Planung und Konstruktion, denn für sie ändert sich sehr viel bei ihrer Zusammenarbeit und den Werkzeugen, mit denen sie arbeiten“ (Mohr 2005, S. 17). Exemplarisch lässt sich dies für die Ausbildung zum Technischen Zeichner bzw. zur Technischen Zeichnerin skizzieren, die durch die Einführung und ständige Fortentwicklung der rechnergestützten Zeichnung eine fortwährende Veränderung erfuhr (vgl. Schlausch 2010, S. 697 f.). Im Jahr 2011 wurde die Berufsbezeichnung abgeschafft und durch den bereits seit 2005 bestehenden und 2011 neu geordneten Beruf der Technischen Produktdesigner:innen sowie den neuen Beruf der Technischen Systemplaner:innen abgelöst. Folglich kann angenommen werden, dass sich die curricularen Rahmenbedingungen der zeichnerischen Berufe im Hinblick auf die Digitalisierung bereits auf einem vergleichsweisen aktuellen Stand befinden. Gleichwohl sind auch künftig weitere Umwälzungen in Bezug auf das Berufsbild zu erwarten, insbesondere im Zuge der Einführung von künstlicher Intelligenz und vernetzten Systemen einer Industrie 4.0 (vgl. Hirsch-Kreinsen 2018, S. 17). Eine zentrale Herausforderung besteht folglich darin, die gegenwärtigen und zukünftigen Technologieentwicklungen zu analysieren, um sie in Unterricht und Unterrichtsentwicklung miteinzubeziehen, und zwar auch unabhängig von der Aktualität curricularer Vorgaben. Im Beitrag sollen daher im Hinblick auf die Ausbildung von Technischen Produktdesigner:innen der Fachrichtung Maschinen- und Anlagenkonstruktion erste Antworten zu den folgenden zwei Fragenkomplexen entwickelt werden.

1. Welche Auswirkungen hat die Digitalisierung auf den Ausbildungsberuf zum/zur Technischen Produktdesigner:in, Fachrichtung Maschinen- und Anlagenkonstruktion, insbesondere im Hinblick auf zu erwartende Substitutionen beruflicher Tätigkeiten durch künstliche Intelligenz? Welche beruflichen Tätigkeiten und darin enthaltenen Arbeitsprozesse und beruflichen Aufgaben sind im Kontext von Digitalisierung als „zukunftsicher“ zu bezeichnen und sollten im berufsbezogenen Unterricht als Referenz herangezogen werden?

2. Welche Konsequenzen haben die Befunde zur Digitalisierung des Berufsbildes der Technischen Produktdesigner:innen für deren Ausbildung am Lernort Berufsschule? Insbesondere ist zu fragen, wie eine Unterrichtsentwicklung zu gestalten ist, die berufliche Handlungskompetenzen und Schlüsselkompetenzen fördert, mit denen Lernende und berufliche Handelnde in diesem Beruf auf digitalisierte Arbeitsprozesse vorbereitet werden.

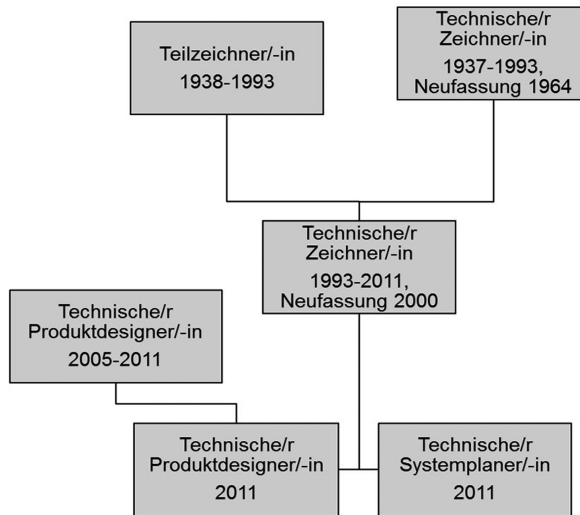
Zur Bearbeitung dieser Fragestellung wird in Kapitel 2 zunächst die Genese der zeichnerischen Berufe – insbesondere bereits vollzogene curricular-ordnungspolitische Maßnahmen – vorgestellt. Anschließend werden in Kapitel 3 die Auswirkungen der Digitalisierung auf die aktuellen Arbeitsprozesse Technischer Produktdesigner:innen skizziert. Schließlich erfolgt in Kapitel 4 eine Prognose für die zukünftige Entwicklung der Technischen Produktdesigner:innen. Von diesen Befunden ausgehend werden in Kapitel 5 Prinzipien, Annahmen und Konzepte für die Unterrichtsentwicklung abgeleitet sowie exemplarisch konkrete Beispiele vorgestellt.

## **2 Genese der zeichnerischen Berufe im Fachbereich Metalltechnik**

Die zeichnerischen Berufe der Metalltechnik werden ordnungspolitisch bereits seit den 1930er Jahren geregelt (Abb. 1, vgl. im Folgenden Schlömer 2015, S. 8 f.). Der Ausbildungsberuf Technischer Zeichner bzw. Technische Zeichnerin wurde während der NS-Zeit im Jahr 1937 erstmals anerkannt, 1938 kam der Beruf Teilzeichner:in für leichtere Zeichenarbeit hinzu. Bis zum Jahr 1993 lag der Schwerpunkt der dualen Berufsausbildung auf der Erstellung technischer Zeichnungen, wobei noch keine rechnergestützten Tätigkeiten beinhaltet waren. 1993 wurde der Beruf vor allem wegen der zunehmenden Nutzung von CAD-Programmen, der komplexeren Aufgaben und wegen veränderter Lehr- und Ausbildungsmethoden neu geordnet (Ausbildungsdauer: 3,5 Jahre). Es entstanden die Fachrichtungen Maschinen- und Anlagentechnik, Heizungs-, Klima- und Sanitärtechnik, Stahl- und Metallbautechnik, Elektrotechnik und Holztechnik. Außerdem wurde der Beruf Teilzeichner:in in den Beruf Technischer Zeichner bzw. Technische Zeichnerin integriert. Neue Anforderungen durch den Zusammenschluss des EG-Binnenmarktes, z. B. technisches Englisch, wurden als Ausbildungsinhalte aufgenommen. Dem rechnergestützten Zeichnen kam mit insgesamt maximal 20 Wochen (je nach Fachrichtung) im Ausbildungsrahmenplan jedoch zunächst ein geringer Zeitanteil der Ausbildung zu.

2005 wurde zusätzlich der Beruf Technischer Produktdesigner/Technische Produktdesignerin als dreijährige duale Ausbildung neu geschaffen (vgl. im Folgenden Schlömer 2015, S. 9 ff.). Die dreidimensionale CAD-Modellierung hatte sich in der Arbeitspraxis so weit durchgesetzt, dass als Konsequenz eine spezialisierte Ausbildung erforderlich wurde. Somit stellte die Anwendung von 3D-CAD-Softwareprogrammen – insbesondere das Planen, Erstellen und Präsentieren von Konstruktionszeichnungen und die Erstellung technischer Begleitunterlagen – den beruflichen

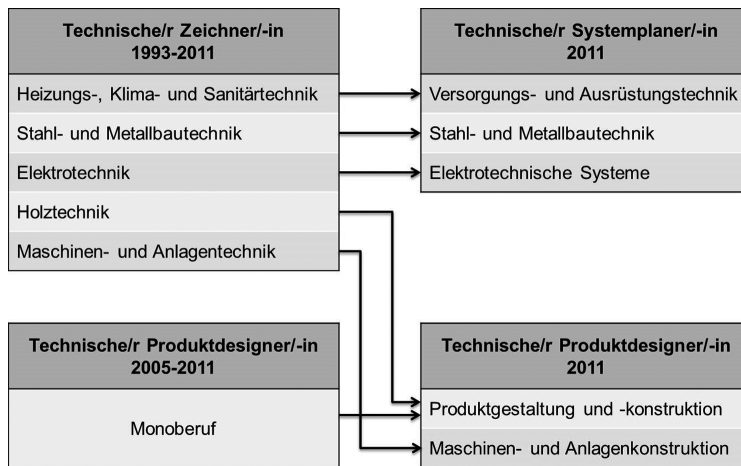
Schwerpunkt dieses Ausbildungsberufs dar. Für diese Arbeiten sind sowohl das Beurteilen von Fertigungs-, Montage- und Fügeverfahren sowie der Umgang mit Werkstoffnormen erforderlich. Zu den Aufgaben der Technischen Produktdesigner:innen zählt weiterhin die Durchführung von Berechnungen und Simulationen, das Recherchieren und Strukturieren von Daten sowie das Verwalten, Sichern und Pflegen der Dateien.



**Abbildung 1:** Genese der zeichnerischen Berufe im Fachbereich Metalltechnik (Schlömer 2015, S.9)

In den Folgejahren zeigten ordnungspolitische Analysen des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) einen so hohen Überarbeitungsbedarf für die Technischen Zeichner:innen und zugleich weite Überschneidungen mit den Technischen Produktdesignerinnen und -designern auf, sodass eine Neuordnung beider Berufsbilder erforderlich wurde (vgl. Schlömer 2015, S.9 ff.). 2011 wurde daher das Berufsbild Technischer Zeichner bzw. Technische Zeichnerin abgeschafft. Es ging über in das neu geordnete Berufsbild Technischer Produktdesigner/Technische Produktdesignerin mit den Fachrichtungen Produktgestaltung und -konstruktion und Maschinen- und Anlagenkonstruktion und in das neu geschaffene Berufsbild Technischer Systemplaner/Technische Systemplanerin mit den Fachrichtungen Versorgungs- und Ausrüstungstechnik, Stahl- und Metallbautechnik sowie Elektrotechnische Systeme (Abb. 2). Die beiden Berufsausbildungen sind im ersten Ausbildungsjahr durch gemeinsame Ausbildungsinhalte miteinander verbunden und wurden in ihrer Ausbildungsdauer an den ehemaligen Beruf Technischer Zeichner/Technische Zeichnerin mit 3,5 Jahren angepasst. Die beruflichen Fähigkeiten sind weitestgehend vergleichbar mit denen der Technischen Produktdesigner:innen in der Fassung von 2005 bis 2011, wobei nun die beiden genannten Fachrichtungen eine Spezialisierung ermöglichen.





**Abbildung 2:** Übersicht der Neuordnung der Berufe 2011 (Schlömer 2015, S. 10)

Festzuhalten ist, dass seit den frühen 1990er Jahren einschneidende Neuordnungen in den zeichnerischen Berufen der Metalltechnik zu verzeichnen sind, mit denen der technologische und arbeitsorganisatorische Wandel explizit Berücksichtigung in den Berufsbildungsstrukturen findet (vgl. hierzu auch Ahrens & Spöttl 2018, S. 177 ff.). Die Auswirkungen der Digitalisierung auf die aktuellen Arbeitsprozesse Technischer Produktdesigner:innen werden im Folgenden auf Grundlage der Ergebnisse von Arbeitsprozessanalysen aus den Jahren 2013 und 2014 analysiert. Zunächst werden diesbezüglich die Methodik und anschließend die Durchführung sowie die Analyseergebnisse vorgestellt.

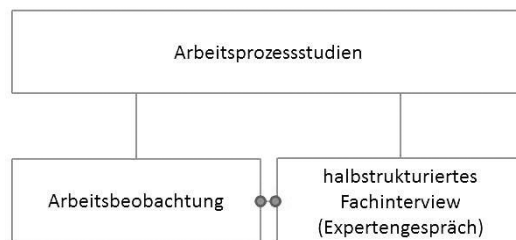
### 3 Auswirkungen der Digitalisierung auf die aktuellen Arbeitsprozesse Technischer Produktdesigner:innen

#### 3.1 Methodik der Arbeitsprozessanalysen

Bei Arbeitsprozessanalysen (vgl. hierzu grundlegend Becker 2003, S. 60; Becker 2006a, S. 601 ff.; Becker 2006b, S. 629 ff.; Becker & Spöttl 2008, S. 105 ff.) handelt sich um eine berufswissenschaftliche Erhebungsmethodik, mit der sich Kernarbeitsprozesse, Arbeitsinhalte und Kompetenzanforderungen erheben lassen. Arbeitsprozessanalysen ermöglichen eine sehr detaillierte Modellierung und Analyse beruflicher Tätigkeiten. Damit könnten sie einem grundlegenden Problem der Analyse zu Auswirkungen von Digitalisierung in Beruf und Arbeit entgegenwirken, das mit Pfeiffer und Suphan (2018, S. 280) in den „wenig differenzierten Abfragen“ und den daraus resultierenden „groben Tätigkeitsbeschreibungen“ zur Arbeit 4.0 liegt.

Wichtiges Merkmal der Arbeitsprozessanalysen ist eine Kopplung von systematischer Arbeitsbeobachtung und halbstrukturierten Fachinterviews (vgl. im Folgenden Schlömer 2015, S. 25 ff.). Die Arbeitsbeobachtung dient dabei der Erfassung und Analyse von Merkmalen beruflicher Handlungskompetenz, wobei die Interpretation,

also die Sinndeutung der beobachteten Handlungen, jedoch subjektiv bleibt. Eine möglichst große Objektivierung ist am besten zu erzielen, wenn die beobachtende Person bereits während der Beobachtung die Handlungen interpretiert, die eigenen Interpretationen hinterfragt und sie von der beobachteten Person überprüfen lässt. Daher wird die Methode der Arbeitsbeobachtung bei den Arbeitsprozessanalysen mit der Methode des Fachinterviews kombiniert (Abb. 3). Diese Fachinterviews dienen der Ermittlung von Expertenwissen und werden deshalb auch als „Experteninterviews“ oder „Expertengespräche“ bezeichnet. Beim Expertengespräch werden die befragten Mitarbeiter:innen als Expertinnen und Experten ihres beruflichen Handelns betrachtet. Im Vordergrund steht die Reflexion der Arbeitsinhalte, Qualifikationsanforderungen und Kompetenzen.



**Abbildung 3:** Kopplung von Arbeitsbeobachtung und Fachinterview im Rahmen von Arbeitsprozessanalysen (Becker 2003, S. 60)

### 3.2 Durchführung der Arbeitsprozessanalysen

Die hier diskutierten Ergebnisse der Arbeitsprozessanalysen wurden in fünf Unternehmen in den Jahren 2013 und 2014 durchgeführt (vgl. im Folgenden Schlömer 2015, S. 26 f.). Die Stichprobe wurde gezielt gewählt, indem umfassende Informationen zu den Unternehmen eingeholt wurden. Damit konnte gewährleistet werden, dass exemplarische und repräsentative Arbeitsprozesse von Technischen Produktdesignerinnen und -designern der Fachrichtung Maschinen- und Anlagenkonstruktion erhoben wurden. Dabei sollten Unternehmen aus verschiedenen Branchen mit unterschiedlicher Größe einbezogen werden, um ggf. daraus resultierende Unterschiede in deren Arbeitsprozessen abzudecken. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der ausgewählten Unternehmen.

**Tabelle 1:** Übersicht der ausgewählten Unternehmen (Schlömer 2015, S. 27)

Unternehmen	Branche	Anzahl Mitarbeiter/-innen
U1	Maschinen- und Anlagenbau	Großunternehmen (mehr als 500)
U2	Metallverarbeitung	Kleinunternehmen (10-50)
U3	Kunststoffverarbeitung	Großunternehmen (mehr als 500)
U4	Maschinen- und Anlagenbau	mittelgroßes Unternehmen (250-500)
U5	Werkzeugbau	Kleinunternehmen (10-50)

Vor der Durchführung der eigentlichen Arbeitsprozessanalysen in einem Unternehmen wurde zunächst jeweils eine Betriebserkundung durchgeführt, damit ein Gesamtüberblick über die Geschäftsprozesse entstand (vgl. im Folgenden Schlömer 2015, S. 28 f.). Anschließend wurde jeweils ein Interview mit den Fachvorgesetzten der Facharbeiter:innen bzw. Auszubildenden geführt, die später mittels Arbeitsprozessanalysen beobachten werden sollten. In dieser Studie diente das Vorgesetzten-Interview – das ergänzend im Rahmen von Arbeitsprozessanalysen eingesetzt werden kann (vgl. Becker & Spöttl 2008, S. 108) – dazu, typische Arbeitsprozesse und prozessbezogene Aufgaben zu ermitteln, die Rahmenbedingungen der Facharbeit zu identifizieren und erste Einschätzungen zur Komplexität und zu den Anforderungen der Facharbeit zu gewinnen. Schließlich wurden die Arbeitsprozessanalysen durchgeführt. Dabei wurden insgesamt zwei Facharbeiterinnen, drei Facharbeiter, eine Auszubildende und ein Auszubildender verschiedenster Alters- und Erfahrungsstufen in die Untersuchungen einbezogen. Dabei ist anzumerken, dass es sich bei den erfahreneren Personen um Technische Zeichner:innen handelte, da es Technische Produktdesigner:innen mit langjähriger Berufserfahrung noch nicht gibt. Nach Aussage ihrer Vorgesetzten üben diese Personen aber die Aufgaben heutiger Technischer Produktdesigner:innen aus.

### 3.3 Ergebnisse der Arbeitsprozessanalysen

Durch die Arbeitsprozessanalysen konnten vier typische Arbeitsprozesse Technischer Produktdesigner:innen identifiziert werden (vgl. im Folgenden Schlömer 2015, S. 39 ff.). Hierbei handelt es sich erstens um externe Konstruktionsaufträge, die von Kunden vergeben werden, und zweitens um interne Konstruktionsaufträge, die zur Erstellung von Betriebsbedarfen vergeben werden. Drittens sind Aufträge für Varianten- bzw. Änderungskonstruktionen zu nennen, hier wurde nicht zwischen extern und intern unterschieden. Schließlich wurden viertens Fertigungsaufträge ermittelt, bei denen die Entwicklung und Konstruktion bereits abgeschlossen ist. Hier erfolgen überwiegend Überprüfungen und Anpassungen der technischen Dokumente für die Fertigung. Bezogen auf diese Arbeitsprozesse wurden vier wesentliche Kompetenzen abgeleitet, die in unterschiedlichen Ausprägungen für die vier Arbeitsprozesse erforderlich sind. Diese wurden bezeichnet mit: „Ideen entwickeln“, „Ideen rechnergestützt umsetzen“, „Konstruktionen prüfen“ und „Ergebnisse kommunizieren und präsentieren“.

Bezüglich der Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitsprozesse Technischer Produktdesigner:innen ist festzustellen, dass nahezu der gesamte Arbeitsprozess durch die Digitalisierung geprägt ist. Technische Produktdesigner arbeiten den überwiegenden Teil ihrer Arbeitszeit am PC. Manuelles Zeichnen erfolgt in der betrieblichen Praxis nur noch hin und wieder in Form von Freihandskizzen. Auch Berechnungen werden in der Regel softwaregestützt durchgeführt. Die Erleichterung der Zeichenarbeit führte im Vergleich zu den ursprünglichen Aufgaben Technischer Zeichner:innen zu einer Verschiebung der Arbeitsschwerpunkte.

Von Technischen Produktdesigner:innen wird heute in den meisten Unternehmen nicht nur das rechnergestützte Zeichnen, sondern unter anderem auch das selbstständige Entwerfen und Konstruieren sowie das Präsentieren der Ergebnisse erwartet. Dazu ist sowohl team- und prozessorientiertes als auch planendes Arbeiten wichtig und auch die Kommunikation in englischer Sprache ist oftmals erforderlich. Dadurch deutet sich bereits eine sichtbare Entwicklung in den Arbeitsprozessen und Aufgaben technischer Produktdesigner:innen an: Grob gesagt werden Entwicklungs- und Konstruktionsprozesse sowie Interaktionen und Kommunikation zunehmend bedeutender.

Dieser Gedanke soll im Folgenden weitergeführt werden. Dazu wird ein Szenario für den Beruf der Technischen Produktdesigner:innen im Kontext von Industrie 4.0 und Künstlicher Intelligenz skizziert.

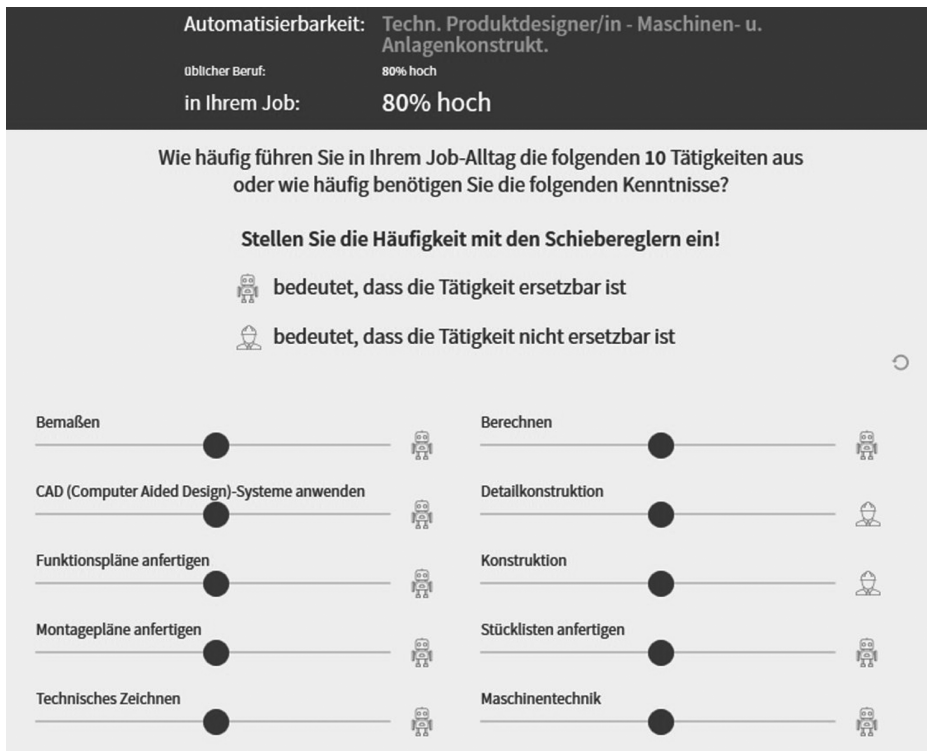
## 4 Szenario zur weiteren Entwicklung

Die Industrie 4.0 mit der umfassenden Vernetzung von Ressourcen, Informationen, Objekten und Menschen verändert Märkte, Unternehmen und Prozesse tiefgreifend. Zwangsläufig hat dies auch Auswirkungen auf berufliche Tätigkeitsprofile und Berufsbilder. Die BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen prognostizieren unter der Annahme einer „vollständig digitalisierten Arbeitswelt“ (Wolter, Mönig, Hummel u. a. 2016, S. 62), dass bis 2025 knapp 1,5 Millionen neue Arbeitsplätze entstehen und gleichzeitig etwas mehr als 1,5 Mio. Arbeitsplätze wegfallen könnten (vgl. ebenda). Grundsätzlich verlieren Berufe mit einer hohen Wahrscheinlichkeit der Ersetzbarkeit durch künstliche Intelligenz. Ersetzt werden können vor allem repetitive, lineare, vorstrukturierte und routinisierte Tätigkeiten, während als schwer ersetzbar solche Tätigkeiten gelten, die durch soziale Intelligenz, kreative Intelligenz, Unwägbarkeiten, häufige Prozessveränderungen oder komplexe Entscheidungssituationen geprägt sind (vgl. Ittermann & Niehaus, S. 40 f.; Pfeiffer & Suphan 2018, S. 276 ff.).

Der sogenannte *Job-Futuromat* – eine onlinebasierte Anwendung des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) – zeigt die Ersetzungswahrscheinlichkeit beruflicher Tätigkeiten durch Künstliche Intelligenz auf, im Fall der Technischen Produktdesigner:innen der Fachrichtung Maschinen- und Anlagenkonstruktion wird eine hohe Ersetzungswahrscheinlichkeit prognostiziert (vgl. IAB 2019, Abb. 4): Es werden zehn Tätigkeiten angenommen, von denen nur zwei als nicht ersetzbar gelten, und zwar die Detailkonstruktion und die Konstruktion. Für die Tätigkeiten CAD-Anwendung, Funktionspläne, Montagepläne und Stücklisten anfertigen, technisches Zeichnen, Bemaßen, Berechnen sowie Maschinentechnik wird eine Ersetzbarkeit durch Künstliche Intelligenz vorhergesagt. Kritisch ist zu dieser Gesamteinschätzung einzuwenden, dass die Konstruktionstätigkeiten mittlerweile einen sehr hohen Stellenwert haben und dass immer wichtigere Tätigkeiten wie Präsentieren und Kommunizieren mit den Schnittstellen im Unternehmen hier gar nicht erst auftauchen. Dennoch lässt sich aus dieser Prognose ableiten, dass die ursprüng-

lichen Aufgaben Technischer Zeichner:innen, also die Erstellung technischer Dokumente, zukünftig weiter an Bedeutung verlieren dürften.

Zu dieser Einschätzung kommen auch Ehrenberg-Silies, Kind, Apt u. a. (2017, S. 55 ff.), die anhand einer Expertenbefragung die zukünftigen Kompetenzanforderungen an Technische Produktdesigner:innen unter dem Einfluss der Digitalisierung ermittelt haben. In dieser Studie wurden ebenfalls den kommunikativen Kompetenzen sowie Konstruktionstätigkeiten eine steigende Bedeutung zugewiesen, zudem wurden eine zunehmende Wichtigkeit für einige Tätigkeiten der Arbeitsvorbereitung, juristische Kenntnisse sowie die Aufbereitung von Daten für Anwendungen der virtuellen Realität prognostiziert. Als Fazit aus ihren Untersuchungsergebnissen werfen sie die Frage auf, ob es möglicherweise „zu einer Stärkung auch der schöpferischen Komponente beim Technischen Produktdesign und damit zu einer Annäherung an das akademisch vermittelte Design kommen [kann]“ (ebd., S. 58).



**Abbildung 4:** Zukunftsprognose des Job Futuromats für Technische Produktdesigner:innen der Fachrichtung Maschinen- und Anlagenkonstruktion (IAB 2019)

Ausgehend von der bisher vorgestellten Genese der zeichnerischen Berufe im Fachbereich Metalltechnik, den aktuellen Kompetenzanforderungen an Technische Produktdesigner:innen sowie den Annahmen zu deren zukünftiger Entwicklung werden im Folgenden Konsequenzen für den berufsschulischen Unterricht hergeleitet.

## 5 Konsequenzen für die Unterrichtsentwicklung

Als Konsequenzen für die Unterrichtsentwicklung lassen sich aus den vorausgegangenen Ausführungen zunächst zwei Ziele herleiten: Erstens erfordert die zunehmende Technologisierung ein hohes Maß an Anpassungsleistungen, sowohl im Hinblick auf neue Technologien als auch im Hinblick auf neue Tätigkeitsbereiche. In der berufsschulischen Ausbildung sollten demnach die Fähigkeit und Bereitschaft für selbstständiges und lebenslanges Lernen befördert werden, damit bestenfalls nicht nur eine Anpassung, sondern eine Mitgestaltung dieser stetigen Veränderungen ermöglicht wird. Zweitens sollten Fähigkeiten, die nicht durch Künstliche Intelligenz zu ersetzen sind, besonders gestärkt werden. Dazu zählen insbesondere

- die Entwicklung und Konstruktion von Bauteilen und Baugruppen,
- die Interaktion im Team, die schnittstellenübergreifende Interaktion – also mit Kolleg:innen aus anderen (auch nicht technischen) Abteilungen – und natürlich die Interaktion mit den Kund:innen, dazu gehört vor allem auch das Präsentieren von Ergebnissen sowie
- die ganzheitliche Bewertung und auch das kritische Hinterfragen von Produktdesign, insbesondere auch unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten.

Diese Ziele zeigen auf, dass es hier um Mitgestaltung und eine deutliche Verschiebung der Aufgabenschwerpunkte Technischer Produktdesigner:innen geht. Um angehende Technische Produktdesigner:innen auf diese Gestaltungsaufgaben vorzubereiten, lassen sich drei Gestaltungsprinzipien für den berufsschulischen Unterricht sowie die Schul- und Unterrichtsentwicklung ableiten. Sie beziehen sich auf die Lehr-Lerninteraktion, die Rolle der Lehrenden und die Institution Schule und ihre Lernräume:

1. eine Unterrichtsdidaktik fördern, mit der Schüler lösungsweg- und ergebnisoffene Aufgabenstellungen erhalten (vgl. u. a. Becker 2013, S. 11)
2. eine pädagogische und didaktische Professionalität der Lehrenden betonen, die einerseits fachliche Expertise erfordert und andererseits die Akzeptanz ihrer Rolle als Lernbegleiter:innen und Mentor:innen notwendig macht (vgl. KMK 2004; Rolff 2008).
3. gestaltungsförderliche Rauminfrastrukturen und Bedingungen in Schule und Unterricht etablieren, z. B. durch Revision der Stundentaktungen, Umgestaltung von Klassenräumen im Hinblick auf selbstverantwortliches und zugleich kooperatives Lernen oder Einrichtung von Unterrichtslaboren, die den Schonraum Schule stärken und das Austesten sowie kreative Konstruieren und Hinterfragen fördern (vgl. u. a. Stadler-Altmann 2016).

Für eine Umsetzung – insbesondere im Hinblick auf die ersten beiden Prinzipien – ist zunächst zu prüfen, inwieweit der Rahmenlehrplan eine entsprechende Unterrichtsentwicklung eröffnet. Analysiert man den Rahmenlehrplan (KMK 2011), so zeigt sich, dass hier bereits den durch die Digitalisierung geprägten betrieblichen

Anforderungen in großem Umfang Rechnung getragen wird: Die Lernfelder sehen eine ausgeprägte Prozess- und Kundenauftragsorientierung vor. Ebenso werden große Anteile eigenständiger Entwicklung und Konstruktion von Bauteilen und Baugruppen gefordert und auch die Arbeit im Team sowie die Präsentation von Arbeitsergebnissen werden im Lehrplan explizit aufgeführt.

Die Herausforderung besteht folglich darin, die genannten Prinzipien bei der Entwicklung von Lernsituationen umzusetzen. Daher soll abschließend eine Lernsituation für Technische Produktdesigner:innen zur Konstruktion einer Stiftebox exemplarisch anhand einer Makroplanung (Abb. 5) vorgestellt werden. Die Lernsituation umfasst zwölf Unterrichtsstunden und ist dem Lernfeld 5 „Bauteile aus metallischen Werkstoffen unter Berücksichtigung von Umformverfahren im Kontext von Baugruppen entwickeln“ zuzuordnen.

In der Lernsituation erarbeiten die Lernenden in der ersten Unterrichtseinheit die Schritte des Konstruktionsprozesses, vergleichen den Prozess mit ihren betrieblichen Erfahrungen und übertragen ihn auf die Konstruktion dieser Stiftebox. Sie erstellen einen Zeitplan, auf dem die weiteren Aufgabenstellungen aufbauen. Der Ablauf der Makrosequenz ist demnach auch abhängig von den Ergebnissen dieser ersten Unterrichtseinheit. In Abbildung 5 ist der exemplarische Ablauf dargestellt, wie er in einer Berufsschulklasse im Schuljahr 2016/2017 von der Autorin selbst entwickelt und durchgeführt wurde. In der zweiten Unterrichtseinheit (3./4. Stunde) erstellen die Lernenden entsprechend dieser Ablaufplanung eine strukturierte Anforderungsliste und unterteilen diese in Wünsche und Forderungen. Sie erarbeiten, wie diese Angaben zur Bewertung von Varianten genutzt werden können. In der folgenden Unterrichtseinheit (5./6. Stunde) erstellen sie in Gruppen verschiedene Konzeptvarianten und wählen eine Vorzugslösung aus. Dabei beachten sie die Gestaltungsregeln für Tiefziehteile. In der siebten und achten Stunde der Makrosequenz vergleichen die Lernenden die zur Verfügung stehenden Werkstoffe hinsichtlich ihrer technologischen, ökologischen und wirtschaftlichen Eigenschaften und wählen einen Werkstoff aus. In der folgenden Unterrichtseinheit (9./10. Stunde) stellen sie ihren Konstruktionsentwurf als vollständig bemaßte Skizze fertig, führen eine Beurteilung verschiedener Entwürfe hinsichtlich des Fertigungsaufwandes durch und erarbeiten Optimierungsmöglichkeiten. Schließlich bewerten die Lernenden in der elften und zwölften Unterrichtsstunde die optimierten Konstruktionsentwürfe, erstellen einen 3D-Datensatz sowie eine Gesamtzeichnung und ggf. Einzelteilzeichnungen und eine Stückliste.

Zusammengefasst wird ein umfassender Entwicklungsprozess abgebildet, in dem die Lernenden in Teamarbeit Ideen entwickeln, präsentieren, reflektieren und Auswahlentscheidungen treffen. Das selbstständige Arbeiten wird befördert, gleichzeitig fungiert die Lehrkraft als Berater:in und Moderator:in. Erst zum Abschluss der Lernsituation wird die Konstruktionsdokumentation erforderlich. Dieser am besten automatisierbaren Teil nimmt in dieser Lernsituation den geringsten Raum ein.

Curriculare Vorgaben: Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Technischer Produktdesigner/Technische Produktdesignerin (KMK 2011), schulisches Curriculum						
Lerngebiet/Lernfeld: Lernfeld 5: Bauteile aus metallischen Werkstoffen unter Berücksichtigung von Umformverfahren im Kontext von Baugruppen entwickeln						
Thema der Lernsituation: Konstruktion einer Stiftebox						
Kompetenz/Kompetenzzuwachs (FK, PK): Die SuS führen die Phasen „Aufgabenplanung“, „Aufgabenkonzeption“, „Konstruktionsentwurf“ und „Konstruktionsdokumentation“ eines Konstruktionsprozesses für das Bauteil „Stiftebox“ durch. Dazu planen sie zunächst die Vorgehensweise des Konstruktionsprozesses. Sie beachten die auftragsspezifischen Anforderungen, die sie in einer Anforderungsliste strukturieren. Bei der Variantenstellung wenden sie Gestaltungsregeln für das Tiefziehen an. Für die Werkstoffauswahl vergleichen sie Eigenschaften einsetzbarer Werkstoffe (technische, ökonomische und ökologische Aspekte). Anschließend führen sie anwendungsbezogene Berechnungen durch, um den Konstruktionsentwurf zu vervollständigen und hinsichtlich des Fertigungsaufwands zu beurteilen. Ihren Entwurf setzen sie abschließend als 3D-Datensatz um und dokumentieren ihre Ergebnisse in Form einer Zeichnung. Während der GA-Phasen arbeiten die SuS systematisch und effektiv im Team.						
Handlungssituation: Firmeninterner Auftrag: Konstruktion einer Stiftebox zum Firmenjubiläum						
Stunde	1./2. Stunde	3./4. Stunde	5./6. Stunde	7./8. Stunde	9./10. Stunde	11./12. Stunde
Stunden- thema	Planung des Konstruktionsprozesses	Erstellung der Anforderungsliste (Aufgabenplanung & -konzeption)	Variantenerstellung und Auswahl einer Vorzugslösung (Aufgabenkonzeption)	Werkstoffauswahl (Konstruktionsentwurf)	Fertigstellung des Konstruktionsentwurfs	Entscheidung für einen Konstruktionsentwurf und Konstruktionsdokumentation
Situation	Die SuS erarbeiten die Schritte des Konstruktionsprozesses literaturgestützt, vergleichen den Prozess mit ihren betrieblichen Erfahrungen und übertragen ihn auf die Konstruktion der Stiftebox. Sie erstellen einen Zeitplan für die Unterrichtseinheit.	Die SuS überführen gegebenen Anforderungen in eine strukturierte Anforderungsliste und unterteilen diese in Wünsche und Forderungen. Sie erarbeiten, wie diese zur Bewertung von Varianten genutzt werden können.	Die SuS erstellen in Gruppen verschiedene Konzeptvarianten und wählen eine Vorzugslösung aus. Dabei beachten sie die Gestaltungsregeln für Tiefziehteile.	Die SuS vergleichen die zur Verfügung stehenden Werkstoffe hinsichtlich ihrer technologischen, ökologischen und wirtschaftlichen Eigenschaften. Sie wählen einen Werkstoff für die Stiftebox aus.	Die SuS stellen ihren Konstruktionsentwurf der Stiftebox als vollständig bemalte Skizze fertig, führen eine Beurteilung verschiedener Entwürfe hinsichtlich des Fertigungsaufwands durch und erarbeiten Optimierungsmöglichkeiten.	Die SuS bewerten die optimierten Konstruktionsentwürfe hinsichtlich der Anforderungskriterien. Sie erstellen einen 3D-Datensatz der Stiftebox sowie eine Gesamtzeichnung (und ggf. Einzelzeichnungen und eine Stückliste).
Unterrichts- inhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schritte des Konstruktionsprozesses (Aufgabenplanung, Aufgabenkonzeption, Konstruktionsentwurf, Konstruktionsdokumentation, Musterbau/Nullserie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anforderungsliste (Forderungen und Wünsche)</li> <li>Kundenanforderungen als Bewertungskriterien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestaltungsregeln beim Tiefziehen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenschaften von Werkstoffen (technologische, ökologische und ökonomische Aspekte)</li> <li>Recycling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ziehkantenradius</li> <li>Stempelradius</li> <li>Ziehverhältnis</li> <li>Ziehstufen</li> <li>Einflussgrößen auf die erforderlichen Züge: Optimierungsmöglichkeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>systematische Bewertung der Entwürfe nach allen Anforderungskriterien</li> <li>Modellierung mit 3D-CAD-Software</li> </ul>
Methodische Hinweise und Sozialformen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plenum, LaM</li> <li>GA, LaB</li> <li>SPra, LaM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plenum, LaM</li> <li>GA, LaB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plenum, LaI</li> <li>GA, LaB</li> <li>SPra, LaM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plenum, LaI</li> <li>GA, LaB</li> <li>SPra, LaM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plenum, LaI</li> <li>EA, PA, GA, LaB</li> <li>SPra, LaM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plenum, LaI</li> <li>GA, LaB</li> <li>PA</li> </ul>
Medien	Stundenablauf, Zeitplan, Gruppenfunktionskarten, AB, Tafelschrieb	Stundenablauf, Zeitplan, Gruppenfunktionskarten, AB, IB, Dokumentenkamera, Beamer	Stundenablauf, Zeitplan, Gruppenfunktionskarten, AB, IB, Dokumentenkamera, Beamer	Stundenablauf, Zeitplan, Gruppenfunktionskarten, AB, IB, Fachkundebuch, Dokumentenkamera, Beamer	Stundenablauf, Zeitplan, Gruppenfunktionskarten, AB, Tabellendruck, Dokumentenkamera, Beamer	Stundenablauf, Zeitplan, Gruppenfunktionskarten, PC, Drucker, AB
Hausaufgaben				Informationsauswertung zu Einflussgrößen beim Tiefziehen (Erstellung einer Übersicht als Tabelle)		
Abkürzungen	AB: Arbeitsblatt EA: Einzelarbeit	GA: Gruppenarbeit IB: Informationsblatt	LaB: Lehrer/-in als Berater/-in LaI: Lehrer/-in als Informant/-in	LaM: Lehrer/-in als Moderator/-in PA: Partnerarbeit	SPra: Schüler(innen)präsentation	

Abbildung 5: Makroplanung der Lernsituation „Konstruktion einer Stiftebox“

## 6 Fazit

Als Fazit lässt sich festhalten, dass die Digitalisierung bereits zu starken Veränderungen in den zeichnerischen Berufen der Fachrichtung Metalltechnik geführt hat. Die aktuellen Arbeitsprozesse Technischer Produktdesigner:innen und die Zukunftsprognosen zeigen, dass verstärkt das Entwickeln und Konstruieren, die Interaktion sowie das ganzheitliche Bewerten und Reflektieren zu den Zukunftsaufgaben gehören könnten. Um Auszubildende darauf vorzubereiten, sind tiefgreifende Veränderungen in der Unterrichtsdidaktik, der Professionalität der Lehrenden und ihrer Rolle sowie in der Infrastruktur und Kultur in Schule und Unterricht notwendig. Die curricularen Rahmenbedingungen sind – insbesondere aufgrund ihrer offenen Formulierungen – bereits jetzt geeignet, die zukünftig in ihrer Bedeutung zunehmenden Inhalte im berufsschulischen Unterricht zu vertiefen. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für eine zukunftsfähige Ausbildung der Technischen Produktdesigner:innen.



## Literatur

- Becker, M. (2003). *Diagnosearbeit im Kfz-Handwerk als Mensch-Maschine-Problem. Konsequenzen des Einsatzes rechnergestützter Diagnosesysteme für die Facharbeit*, Reihe: Berufsbildung, Arbeit und Innovation, Bd. 20. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Becker, M. (2006a). Handlungsorientierte Fachinterviews. In F. Rauner (Hg.), *Handbuch Berufsbildungsforschung*, S. 601–606. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Becker, M. (2006b). Beobachtungsverfahren. In F. Rauner (Hg.), *Handbuch Berufsbildungsforschung*, S. 628–633. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Becker, M. (2013). Arbeitsprozessorientierte Didaktik. *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online*, Ausgabe 24, S. 1–22.
- Becker, M. & Spöttl, G. (2008). *Berufswissenschaftliche Forschung. Ein Arbeitsbuch für Studium und Praxis*. Frankfurt a. M.: Peter Lang.
- Bundesagentur für Arbeit (Hg.) (2019). *BerufeNet Steckbrief Technische/r Produkt-designer/in der Fachrichtung Maschinen- und Anlagenkonstruktion*, Stand 02.01.2019. Verfügbar unter <https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/bkb/90571.pdf> (Zugriff am: 27.05.2019).
- Ehrenberg-Silies, S., Kind, S., Apt, W. & Bovenschulte, M. (2017). *Wandel von Berufsbildern und Qualifizierungsbedarfen unter dem Einfluss der Digitalisierung*. Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.
- Grieb, P. (2010). *Digital Prototyping. Virtuelle Produktentwicklung im Maschinenbau*. München: Hanser.
- Hehenberger, P. (2011). *Computerunterstützte Fertigung. Eine kompakte Einführung*. Heidelberg: Springer.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2018): Einleitung: Digitalisierung industrieller Arbeit. In H. Hirsch-Kreinsen, P. Ittermann & J. Niehaus (Hg.), *Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen*, S. 13–32. Baden Baden: Nomos.
- Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) (Hg.) (2019). *Job Futuromat 2019, Techn. Produktdesigner/in – Maschinen- u. Anlagenkonstrukt.* Verfügbar unter <https://job-futuromat.iab.de> (Zugriff am: 27.05.2019).
- Ittermann, P. & Niehaus, J. (2018). Industrie 4.0 und Wandel von Industriearbeit – revisited. Forschungsstand und Trendbestimmungen. In H. Hirsch-Kreinsen, P. Ittermann & J. Niehaus (Hg.), *Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen*, S. 33–60. Baden Baden: Nomos.
- Sekretariat der Kultusministerkonferenz (KMK) (Hg.) (2004). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004)*. Verfügbar unter [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Standards-Lehrerbildung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung.pdf) (Zugriff am: 04.06.2019).

- Sekretariat der Kultusministerkonferenz (KMK) (Hg.) (2011). *Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Technischer Produktdesigner/Technische Produktdesignerin* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 27.05.2011). Verfügbar unter <http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/TechnischerProdukt designer11-05-27-E.pdf> (Zugriff am: 29.05.2019).
- Mohr, M. (2005). Die digitale Fabrik – Ein Quantensprung in der Fertigungsplanung. In *lernen und lehren*, Jg. 20, H. 77, S. 17–22.
- Pfeiffer, S. & Suphan, A. (2018). Industrie 4.0 und Erfahrung – das unterschätzte Innovations- und Gestaltungspotenzial der Beschäftigten im Maschinen- und Automobilbau. In H. Hirsch-Kreinsen, P. Ittermann & J. Niehaus (Hg.), *Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen*, S. 275–301. Baden Baden: Nomos.
- Rolff, H.-G. (2008). Vom Lehren zum Lernen, von Stoffen zu Kompetenzen – Unterrichtsentwicklung als Schulentwicklung. In C. Rohlfs, M. Harring & C. Paletien (Hg.), *Kompetenz-Bildung: soziale, emotionale und kommunikative Kompetenzen von Kindern und Jugendlichen*, S. 145–168. Wiesbaden: VS.
- Schlausch, R. (2010). Vertiefungsrichtung Fertigungs- und Produktionstechnik. In J.-P. Pahl & V. Herkner (Hg.), *Handbuch berufliche Fachrichtungen*, S. 695–706. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Schlömer, B. (2015). *Entwicklung eines Kompetenzmodells für Technische Produktdesigner/-innen*. ITB-Forschungsbericht 61. Bremen: Universität Bremen.
- Stadler-Altmann, U. (2016). *Lernumgebungen. Erziehungswissenschaftliche Perspektiven auf Schulgebäude und Klassenzimmer*. Opladen: Verlag Barbara Budrich.
- Wolter, M. I., Mönnig, A., Hummel, M., Weber, E., Zika, G., Helmrigh, R., Maier, T. & Neuber-Pohl, C. (2016). *Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen*. IAB-Forschungsbericht 13/2016.

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Genese der zeichnerischen Berufe im Fachbereich Metalltechnik . . . . .	122
Abb. 2	Übersicht der Neuordnung der Berufe 2011 . . . . .	123
Abb. 3	Kopplung von Arbeitsbeobachtung und Fachinterview im Rahmen von Arbeitsprozessanalysen . . . . .	124
Abb. 4	Zukunftsprognose des Job Futuromats für Technische Produktdesigner:innen der Fachrichtung Maschinen- und Anlagenkonstruktion . . . . .	127
Abb. 5	Makroplanung der Lernsituation „Konstruktion einer Stiftebox“ . . . . .	130

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Übersicht der ausgewählten Unternehmen .....	124
--------	--	-----

## Autorin



**Britta Schlömer**, Dr.-Ing., M. Ed., StR, Berufsbildende Schulen Ammerland, Elmendorfer Straße 59, 26160 Bad Zwischenahn,  
[britta.schloemer@bbs-ammerland.eu](mailto:britta.schloemer@bbs-ammerland.eu)



# „Smartes Lernen“ – „Lernen 4.0“ – oder einfach nur „Programmiertes Lernen – reloaded“?

ANDREAS LINDNER, ANNA-LISA KRAUSE

## Abstract

Begriffe wie „smartes Lernen“, „digitale Bildung“ oder „Lernen 4.0“ haben derzeit Hochkonjunktur. In diesem Kontext finden sich im Internet zahlreiche kostenfrei verfügbare Tools zur Erstellung von Lernarrangements. Zumeist verfügen diese Anwendungen nur über ein begrenztes Potenzial, die Aneignung von beruflicher Handlungskompetenz adäquat zu fördern, sodass ihr Einsatz im und außerhalb des berufsschulischen Unterrichts nur bedingt zielführend erscheint. Zur Realisierung eines passgenauen „smarten Unterrichts“ und der Anwendung von Computern im Unterricht wurde an der Städt. Berufsschule für Fertigungstechnik in München als Universitätsschule in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität München eine Unterrichtssequenz entwickelt, bei der für die Lernenden Möglichkeiten bestehen, mithilfe eines CAD-Systems (hier: SolidWorks) die Kenntnisse des technischen Zeichnens zu vertiefen und zu verbessern. Die ausgewählte Methode gibt den Schülerinnen und Schülern die Freiheit, eigene Lösungswege zu entwickeln. Dabei können die Lernenden auf unterschiedliche Hilfsmittel zurückgreifen.

Terms such as "smart learning", "digital education" or "learning 4.0" are currently booming. In this context, numerous free tools for creating learning arrangements can be found on the Internet. In most cases, these applications have only limited potential to adequately promote the acquisition of vocational action competence, so that their use in and outside vocational school teaching only appears to be of limited use. In order to implement "smart teaching" and the use of computers in the classroom, a project was carried out at the Vocational School for Manufacturing Technology in Munich as a university school in cooperation with the Technical University of Munich, in which learners have the opportunity to deepen and improve their knowledge of technical drawing with the help of a CAD system (here: SolidWorks). The selected method gives the pupils the freedom to develop their own solutions. The learners can fall back on different aids.

## Ausgangslage

Die zunehmenden Möglichkeiten, Maschinen und Anlagen auf der Basis von digitalisierten Prozessen zu vernetzen und die Daten zusammenzufassen und auszuwerten, führten in den vergangenen Jahren zur Prägung einer Reihe von neuen Themen, von „Industrie 4.0“ über die „Smart Factory“ bis zu „Big Data“. Im selben Maß machen sich in der Presse, dem Internet und gewerblichen Schulungsangeboten die Begriffe „smartes Lernen“<sup>1</sup> und „Lernen 4.0“<sup>2</sup> breit. Als Begleiterscheinung hiervon, wenn nicht sogar als Folge, gerät das Thema in den Fokus der Politik. Bund und Länder haben vorbehaltlich einer Grundgesetzänderung den sogenannten Digital-Pakt-Schule ausgehandelt (vgl. BMBF 2019) und es sollen in den nächsten Jahren ca. fünf Mrd. Euro in „digitale Bildung“ investiert werden. In der Presseberichterstattung dominieren dabei im Wesentlichen die Hardware, z. B. der Einsatz von „Tablets“ und die Verbesserung der Internetinfrastruktur zu und in den Schulen.

## Unterrichtliche Umsetzung

Versuchen Lehrkräfte nun, die Hardware und damit die investierten Mittel zum Leben zu erwecken, sind sie darauf angewiesen, sich über Unterrichtsmethoden und Anwendungsbeispiele zu informieren. Zu diesem Thema finden sich im Internet Sammlungen mit digitalen Anwendungen, bei denen „digitale Karteikarten“ oder „Quizanwendungen“ gezeigt werden (vgl. u. a. Oswald 2019). Im Folgenden wird eine Auswahl dieser Anwendungen vorgestellt, diskutiert sowie auf Potenziale und Gefahren hingewiesen.

## Kahoot!

Unter der Adresse [www.kahoot.it](http://www.kahoot.it) ist eine kostenfrei anwendbare Applikation zu finden, bei der sowohl Multiple-Choice-Fragen (vier Antwortmöglichkeiten; davon können eine bis vier richtige Antworten programmiert werden) erstellt als auch aus einem Pool bereits erstellter Quizzes ausgewählt werden kann. Um ein Quiz (ein sogenanntes „Kahoot!“) zu starten, muss sich die Initiatorin bzw. der Initiator auf der Internetseite anmelden und ein Spiel oder eine Challenge starten. Ziel ist es dabei immer, einen Wettbewerb zwischen den Lernenden zu erzeugen. Dieser kann bei der Durchführung des Spiels entstehen, wenn alle Mitspieler:innen miteinander um die richtige Antwort in der schnellsten Zeit ringen oder als Hausaufgabe gegen die Uhr spielen (Challenge). Gespielt wird hierbei mit eigenen Smartphones, Tablets

---

1 ungefähr 1.020.000 Ergebnisse in 0,39 Sekunden bei google.com, zuletzt aufgerufen am 2.4.2019

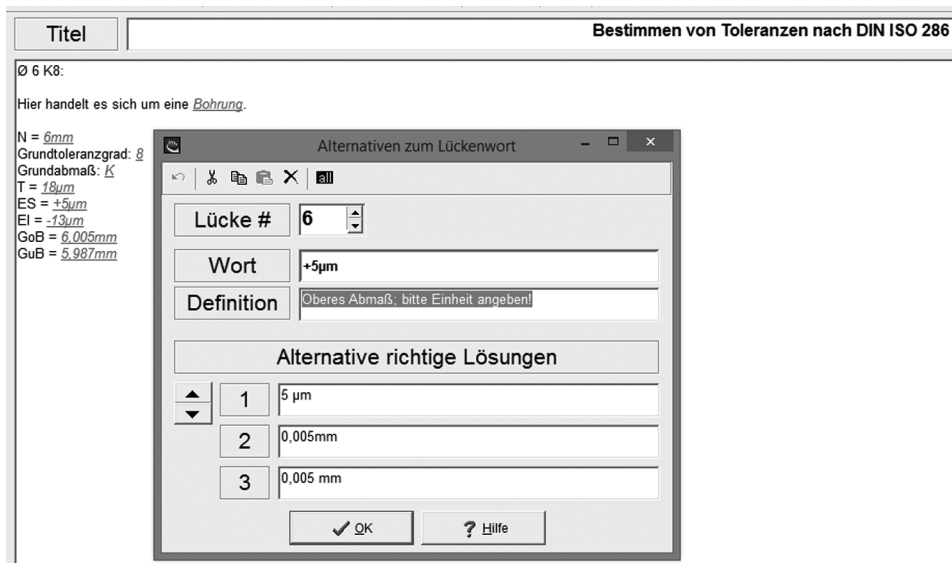
2 ungefähr 12.700.000 Ergebnisse in 0,28 Sekunden bei google.com, zuletzt aufgerufen am 2.4.2019

oder Computern (im Sinne von Bring Your Own Device: BYOD) online in einer gesonderten App oder im Internetbrowser.

Aus der Funktion „Konstruktion eines Multiple-Choice-Tests“ ergibt sich, dass mit Kahoot! nur Antworten auf eine Frage mit „richtig“ oder „falsch“ gewertet werden können. Diese geschlossene Fragestellung eignet sich, wenn Fachbegriffe oder der Wortschatz in Fremdsprachen gelernt und/oder geprüft werden sollen. Die Anwendungen machen Spaß und wirken durch den kompetitiven Charakter recht motivierend. Zudem haben sie – wenigstens bei sparsamer Nutzung – einen „Neuigkeitswert“ für die Schüler:innen. Die große Gefahr besteht aus Sicht der Autoren aber darin, dass Lerninhalte mit Blick auf die Abprüfbarkeit durch Kahoot! derart ausgewählt oder sogar generiert werden, dass sie „Multiple-Choice-fähig“ sind. Der Beitrag des Unterrichts zur Handlungs- und Problemlösefähigkeit steht dann nicht mehr als unterrichtssteuernder Faktor im Vordergrund. Dies wird vielfach bereits als „Kahootisierung des Unterrichts“ gebrandmarkt.

## Hot Potatoes

Seit nunmehr zehn Jahren gibt es das Autorenwerkzeug „Hot Potatoes“ als Freeware für Lehrkräfte.<sup>3</sup> Damit lassen sich fünf verschiedene Formen von Lernarrangements erstellen: Kreuzworträtsel, Zuordnungsübungen, Multiple-Choice-Abfragen, Schüttelsatzübungen und Lückentexte. Die Ergebnisse werden als HTML-Seite mit Javascript ausgegeben. Diese Dateien lassen sich in eigene Lernplattformen wie Moodle oder Fronter einfügen. Da Javascript jedoch als potenzielles Sicherheitsrisiko eingestuft wird, ist es in vielen Browsern deaktiviert. Damit ist es auf den entsprechenden Rechnern nicht mehr bzw. nicht einfach nutzbar und stellt somit eine Barriere für die Nutzung dar. Das bereits in Bezug auf Kahoot! über Gefahren und Einsatzmöglichkeiten Ausgeführte gilt zunächst auch für Hot Potatoes. Mit der Lückentext-Funktion ist es möglich, Kontrollmöglichkeiten für (Fach-) Rechenaufgaben zu programmieren. Das Problem dabei ist, dass die zulässigen Lücken – also die Lösungen der Rechenaufgaben – als Zeichenkette programmiert werden. Der Rechner kann somit nicht erkennen, ob Leerzeichen notwendig sind und kann Ergebnisse nicht unter den verschiedenen Einheiten umrechnen. Daher ist es notwendig, Antwortmöglichkeiten in verschiedenen Einheiten und mit oder ohne Leerzeichen zwischen Zahlenwert und Einheit vorzusehen (Abb. 1). Dies macht die Programmierung sehr aufwendig.

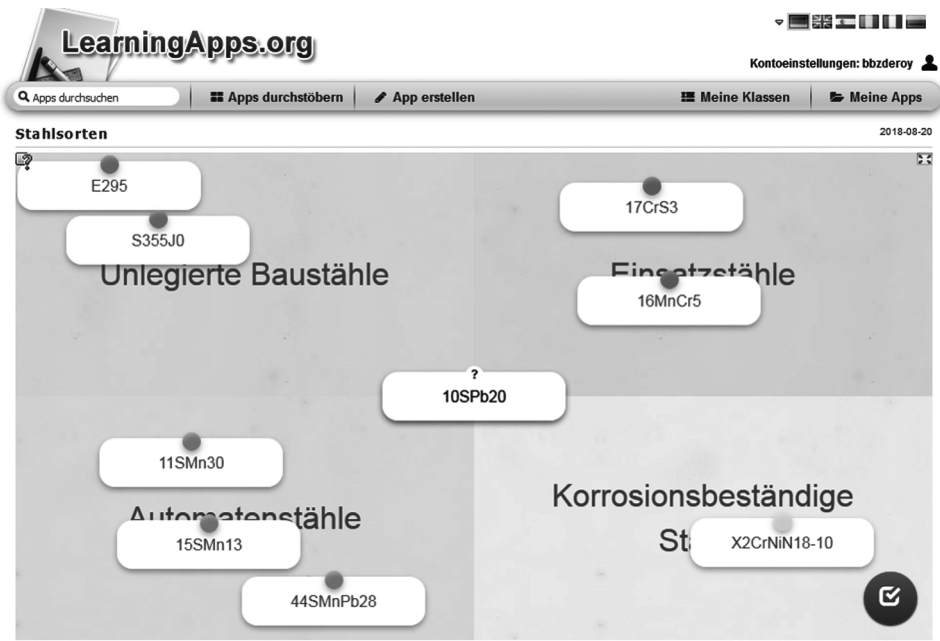


**Abbildung 1:** Probleme bei der Programmierung von Rechenergebnissen im Textformat (Quelle: Screenshot Verfasser)

## LearningApps

In der Zielsetzung ähnlich, aber deutlich moderner und mit mehr Spielarten ist die App „LearningApps“<sup>4</sup> ausgestattet. Sie ist wiederum als Internetanwendung programmiert, funktioniert auf allen Betriebssystemen und kann dadurch auch auf den Smartphones der Lernenden unabhängig vom Internetangebot der Schule gespielt werden. Durch diese Form des BYOD werden zunehmend die Verantwortlichkeiten und Kosten auf die Lernenden übertragen. Inwiefern die Nutzung der Schülergeräte moralisch und rechtlich mit der Kostenfreiheit der Lernmittel vereinbar ist, soll hier nicht diskutiert, muss jedoch bedacht werden. Für die Anwendung im Bereich der beruflichen Bildung kommen Zuordnungsaufgaben infrage. Auf diese Weise kann z. B. die Einteilung von Werkstoffen in Gruppen abgeprüft werden (Abb. 2). Nicht übersehen werden darf hierbei, dass dieser Lerninhalt eine sehr stark fachsystematische Ausrichtung aufweist. Dies kann durchaus notwendig und damit zulässig sein, darf aber nicht das „Ende“ der unterrichtlichen Aktivitäten darstellen.





**Abbildung 2:** Exemplarische Zuordnungsaufgabe in der Anwendung LearningApps.org (Quelle: Screenshot einer Lernanwendung aus dem didaktischen Material von Ohner (2018))

## Quizlet

Das Lerntool Quizlet<sup>5</sup> stellt eine der vielen digitalen Karteikarten-Anwendungen im Netz dar. Die Nutzung ist kostenlos. Die Anwendung kann über den Browser oder in einer eigenen App verwendet werden. Ergänzt wird der reine Karteikarten-Lernmodus (Karten der Reihe nach umdrehen) durch die Möglichkeit, in Textform zu antworten, Karten zuzuordnen und in Quizform – auch in Teams gegeneinander – zu arbeiten. Die Internetseite bewirbt selbst, dass der Fokus von Quizlet auf der Genauigkeit liegt. Somit ist diese Lernform eine, die das Auswendiglernen unterstützt. Dieses kann für Vokabeln und Fachbegriffe eine geeignete Lernform sein. Ein Nachteil ist, dass nur eine Lösungsmöglichkeit akzeptiert wird. Bei der Eingabe von inhaltlich korrekten, aber in einem anderen Wortlaut verfassten Antworten oder auch bei zutreffenden Antworten mit Rechtschreibfehlern erscheint der Hinweis: „Diese Karte musst du lernen!“ Dies kann sich demotivierend auswirken oder zu einer unnötigen Verunsicherung führen.

<sup>5</sup> <https://quizlet.com/de>

## Programmiertes Lernen – reloaded?

Die vorgestellten Beispiele sind einfach zugängliche und kostenfreie Tools. Viele der Apps geben die Möglichkeit, die selbst erstellten Inhalte öffentlich zu stellen, sodass eine große Anzahl frei verfügbar ist. Den vorgestellten Apps ist gemein, dass der Rechner nur „Ja-/Nein-Entscheidungen“ treffen kann. Es besteht die Gefahr, den Unterricht auf den Erwerb von Faktenwissen auszurichten, um ein vorhandenes Quiz anwenden bzw. Abfragen erstellen zu können. Dies ist eine Gefahr, die von den bisherigen Multiple-Choice-Tests bekannt ist. Damit droht ein unterrichtliches Revival vieler Ideen und Probleme des programmierten Lernens aus den 1970er Jahren.

Gängige Ordnungsmittel fordern heute, dass die Schüler:innen im Rahmen der Entwicklung von Handlungskompetenz lernen sollen, „Probleme zielorientiert, sachgerecht, methodengeleitet und selbständig [zu bewältigen].“ (KMK 2018a, S. 4) Damit ist es offensichtlich, dass es keine Musterlösung für ein Problem mehr geben wird, die als die einzig Richtige bezeichnet werden kann. Es wird viele verschiedene, in Reihenfolge oder Ansatz unterschiedliche Wege geben, ein Problem anzugehen und zu lösen. Ziel eines guten, die Handlungskompetenz fördernden Unterrichts muss es daher sein, nicht nur verschiedene Lösungen zuzulassen, sondern zudem deren Entstehung zu fördern. Dazu müssen den Lernenden Gelegenheiten gegeben werden, eigene Lösungen zu finden und unterschiedliche Lösungsansätze zu diskutieren. Es ist gewünscht und sogar ein herausragendes Ergebnis, wenn dabei auch Lösungen entstehen, die von der Lehrkraft bisher noch nicht bedacht wurden. Bisher gängige Software, insbesondere die gamebasierten Apps, können dies nicht leisten. Sie können nur überprüfen, ob die gewünschte Lösung (exakt) wiedergegeben wird. Ergebnisvarianten können von der Software nur so weit berücksichtigt werden, als sie in der Programmierung vorgesehen wurden. Dies ist – wie am Beispiel von Hot Potatoes gezeigt – sehr aufwendig.

## Konzept für „smartes Lernen“ im CAD-Unterricht

Da dessen ungeachtet dem Wunsch nach „smartem Unterricht“ und der Anwendung von Computern im Kontext Schule nachgekommen werden soll, entstand an der Stadt. Berufsschule für Fertigungstechnik in München als Universitätsschule in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität München eine Masterarbeit (vgl. Krause 2016), bei der Möglichkeiten entwickelt wurden, mithilfe eines CAD-Systems (hier: SolidWorks) die Kenntnisse des technischen Zeichnens zu vertiefen und zu verbessern. Konkret wurde dies am Lernfeld 5 des Rahmenlehrplans für den Ausbildungsberuf Industriemechaniker/Industriemechanikerin (vgl. KMK 2018a, S. 13) sowie des Lernfelds 8 des Rahmenlehrplans für den Ausbildungsberuf Zerspanungsmechaniker/Zerspanungsmechanikerin (vgl. KMK 2018b, S. 16) durchgeführt.

Ziel war es, eine Baugruppe als Handlungsträger zu entwickeln, die sich für eine anschließende Fertigung mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen

(Dreh- und Fräsmaschinen) eignet und bei der außerdem einige Teile die Anwendung additiver Fertigungsverfahren möglich machen. Durch einen derartigen Projektansatz sowie durch die Arbeit an einem Handlungsträger kann sowohl die Motivation der Lernenden, sich mit der Aufgabenstellung intensiv auseinanderzusetzen, gesteigert werden als auch ein sinnhaftes Lernen erfolgen (vgl. Antonitsch 2012, S. 204). Darüber hinaus sollte die Sequenz auch nicht fertigungsaffinen Auszubildenden die Chance bieten, für sie wichtige Kompetenzen zu erwerben (vgl. Lindner 2015, S. 166 ff.). Die bisher an der Schule verwendeten „Klickanleitung“, bei denen Schritt für Schritt die Konstruktion erläutert wird, sollten bewusst vermieden werden, da nach der Erfahrung der Autoren viele Schüler:innen innerhalb kürzester Zeit durch einen fehlenden oder nicht mehr nachzuvollziehenden Befehl scheitern und die Frustration dadurch beim individuellen Bearbeiten sehr hoch ist.

Das Ergebnis ist ein auftragsorientiert-zielgerichteter Leittext, der aus zwei Heften besteht. Der Handlungsträger ist ein Modell eines Billardtischs. Im ersten Heft erhalten die Lernenden insgesamt 13 doppelseitige Aufträge, die zu selbstorganisiertem Lernen anregen. Auf der ersten Seite jedes Auftrags finden die Schüler:innen berufstypische Auftragsdaten und eine kurze Beschreibung des Auftragsumfangs, durch Handskizzen ergänzt (Abb. 3).

Ziel war es dabei, dass die Bemaßung nach Möglichkeit nicht vorgegeben wird, da die Bestimmung aller notwendigen Maße und die fachgerechte Platzierung in dieser Phase eine wesentliche, von den Lernenden zu erwerbende Kompetenz darstellt. Die wesentlichen Abläufe der Konstruktion werden auf der zweiten Seite in Form einer Kurzanleitung aufgelistet (Abb. 4). Dabei werden neue Abläufe umfassender beschrieben, während bekannte, wiederkehrende Abläufe zunehmend knapper gefasst werden.

Bei jedem Schritt wird auf die entsprechenden Seiten des zweiten Hefts, der Konstruktionshilfen, verwiesen (Abb. 5). Darin wird – unabhängig vom jeweiligen Bauteilkontext – der Ablauf bei einem entsprechenden Konstruktionsschritt beschrieben. Dies erfolgt zunächst in Form eines Blockdiagramms, in dem die Bedienlogik dargestellt wird. Darauf folgen die Bedienschritte als Icons und zum Schluss werden die Optionen der Features diskutiert. So haben die Schüler:innen die Möglichkeit, sich zu jeder Zeit in einem „Nachschlagewerk“ über Neues und Bekanntes in abstrahierter Form zu informieren. Auf diese Weise werden die Lernenden gezwungen, die Bedienlogik der verwendeten Software und letztlich auch – herstellerunabhängig – die Konstruktionsweise in modernen CAD-Systemen zu hinterfragen.

<b>FT – C: CAD</b>	<b>Konstruktionsaufträge</b>	Datum:	Blatt: 6
--------------------	------------------------------	--------	----------

## CAD - Übung 3 : Dreieck

**Konstruktionsauftrag**

Auftraggeber:	Stamnummer:	Abteilung:
Andreas Lindner	andreas.lindner	IM_11_FT-C
Tellebezeichnung:	Projektnummer:	Auftrag:
Dreieck	IM11_FT-C_SJ15-16	sj_15-16/CAD - Übung 3
Bearbeitet:	Letzte Änderung:	Bauteil- und Zeichnungsnummer:
31.08.15		5.155.1.0.0.0.0

**Auftragsbeschreibung:**  
Erstellen Sie vom Kugeldreieck ein Bauteil.

**Infos:**

- gleichseitig,
- umlaufende Materialstärke von 1,5mm,
- innerer Verrundungsradius R3 (außen folglich R4,5)
- Kantenlänge 26 mm
- Höhe: 6 mm,
- Material: ABS.





Entnehmen Sie die Maße den Angaben und leiten Sie von dem Bauteil eine normgerechte Zeichnung ab.

Neu		Wiederholung		Schon gemacht in:
Skizze	Dreieck	Feature	Linear ausgetragener Aufsatz	Übung 1
	Verrundung	Zeichnung	Erstellen	Übung 1,2
	Beziehung: Tangential, Gleich		Ansichten erzeugen	Übung 1,2
	Offset		Schnittansicht	Übung 1,2
Zeichnung	Bemaßung: Winkel		Bemaßung	Übung 1,2
			Beschriftung: Mittellinie	Übung 1,2
			Schriftfeld	Übung 1,2
			Drucken	Übung 1,2

Auftrag erledigt am:	Von:
Datum:	<b>15.09.15</b>
Unterschrift	<b>LINDNER</b>
Leitweg:	Antragsteller:      Zeichner:      Antragsteller:

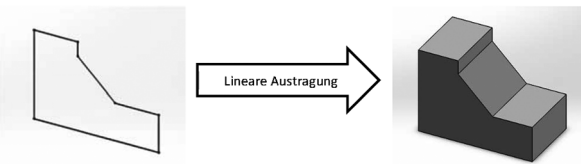
Abbildung 3: CAD-Übung 3 (Krause 2016, Anhang A: Konstruktionsaufträge, S. 6)

FT – C: CAD	Konstruktionsaufträge	Datum:	Blatt: 7
<b>Anleitung CAD - Übung 3: „Dreieck“ - 5.155.1.0.0.0.0:</b>			
	Kapitel	Thema	Seite
<b>Neues Dokument öffnen</b>			
Siehe Übung 1	1.2	Neues Dokument öffnen	1
	1.4	Speichern und Schließen	1
<b>Dreieck</b>			
<b>Feature: Linear ausgetragener Aufsatz</b>	<b>4.1</b>	<b>Lineare Austragung</b>	<b>7</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feature wählen</li> <li>• Ebene wählen: Ebene oben</li> <li>• Skizze erstellen: Dreieck (nur die Innenkontur)</li> <li>• Skizzenverrundungen einfügen</li> <li>• Automatische Beziehung: Gleich</li> <li>• Skizze bemaßen</li> <li>• Skizze voll definiert?</li> </ul>	4.1 a) 5.1 5.2 5.2 g) 5.3 5.4 5.2 b)	Linear ausgetragener Aufsatz Skizzierebene wählen Skizzieren Verrundung Skizzenbeziehungen Intelligente Bemaßung Statusleiste	7 15 15 18 20 22 16
			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skizzenoffset erstellen: Offset-Wert = Materialstärke</li> <li>• Automatische Beziehung: Offset</li> </ul>	5.2 e) 5.3	Offset Skizzenbeziehungen	17 20
			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feature erstellen; Endbedingung: Blind</li> <li>• Material eingeben</li> </ul>	4.1 3.3	Property-Manager: Linear austragen Material auswählen	7 5
<b>Fertigungszeichnung</b>			
<b>Neues Dokument öffnen</b>			
Siehe Übung 1	1.2	Neues Dokument öffnen	1
Format: A4 hoch, Maßstab auf Blattgröße anpassen!	1.4	Speichern und Schließen	1
<b>Zeichnungsableitung</b>			
Siehe Übung 1	6	<b>Zeichnungsableitung</b>	<b>23</b>
	6.2	Erzeugen von Ansichten	23
	6.3 a)	Schnittansicht	24
	6.6 a)	Beschriftung	26
	6.5	Intelligente Bemaßung	26
	6.7	Schriftfeld bearbeiten	28
<b>Zeichnung drucken</b>	<b>6.9</b>	<b>Drucken</b>	<b>29</b>

**Abbildung 4:** Anleitung zum Dreieck in Form eines Arbeitsplans (Krause 2016, Anhang A: Konstruktionsaufträge, S. 7)

<b>FT – C: CAD</b>	<b>Konstruktionshilfen</b>	Datum:	Blatt: 7
--------------------	----------------------------	--------	----------

## 4.1 Lineare Austragung



Durch eine lineare Austragung wird eine Skizze „gerade in eine Richtung gezogen“.

### Erstellen einer linearen Austragung

1  
Feature  
wählen

→





2  
Skizzierebene  
auswählen


→

3  
Skizzieren und  
Bemaßen

→

4  
Feature wird  
erstellt

1. Klicken Sie zunächst in der Features-Symboleiste im CommandManager auf eines der Werkzeuge für lineares Austragen:
  - a) **Linear ausgetragener Aufsatz**  

  - b) **Linear ausgetragener Schnitt**  

2. Wählen Sie eine **Ebene** oder **Fläche** aus. (Siehe 5.1 Skizzierebene wählen auf Seite 15)
3. Erstellen Sie eine **Skizze**. (Siehe Kapitel 5 Skizzenerstellung auf Seite 15).  
Beenden Sie die Skizze .
4. Legen Sie die Feature-**Optionen** (u.a. Endbedingung) im PropertyManager fest.  
Klicken Sie auf .



### Property-Manager: Linear austragen

- **Startbedingung**

Von

Skizzierebene

Die Startbedingung „Von“ legt die Anfangsbedingung für das Linear-Austragen-Feature fest.



Anfangsbedingung	Lineare Austragung beginnt...
<b>Skizzierebene</b>	...an der Ebene, auf der sich die Skizze befindet.
<b>Eckpunkt</b> 	...an dem Eckpunkt, den Sie auswählen.
<b>Offset</b> 	...mit einem Abstand von der aktuellen Skizzierebene. Geben Sie als Offset-Abstand einen Wert ein.

Abbildung 5: Konstruktionshilfe Lineare Austragung (Krause 2016, Anhang A: Konstruktionshilfen, S. 10)

Um den Lernenden Hinweise bei der Arbeit zu geben, welche Schritte von ihnen bereits erwartet werden und was ihnen Neues in dem jeweiligen Auftrag vermittelt werden soll, wurde ihnen auf der ersten Seite des Auftrags jeweils eine Tabelle zur Hand gegeben, die die Arbeitsschritte in „Neu“ und „Wiederholung“ gliedert. Bei den Wiederholungen erfolgt auch ein Verweis auf die vorangegangenen Aufträge, bei denen die entsprechenden Arbeitsschritte bereits durchgeführt wurden. So sollen Analogieschlüsse erleichtert werden. Für besonders schwierige Arbeitsschritte gibt es Screenvideos, in denen die wichtigsten Einstellungen und Abläufe von den Lernenden eigenständig verfolgt und – durch mehrfaches Ansehen und Stoppen an beliebiger Stelle – nachvollzogen werden können. Als Sozialform ist sowohl Einzel- als auch Partnerarbeit möglich, die spontane Nutzung von „Spezialistinnen“ oder „Spezialisten“ zur Klärung von Problemursachen wird propagiert und ist zugelassen. Als letzte Möglichkeit, quasi als Rückfallebene, bietet auch die Lehrkraft Unterstützung bei Fragen an. Da sie jedoch häufig erst gerufen wird, wenn „schon viel passiert“ ist, ist die Zeit für den Support einer einzelnen Schülerin bzw. eines einzelnen Schülers relativ lang (vier bis fünf Minuten müssen eingerechnet werden). Daraus ergibt sich eine relativ geringe Verfügbarkeit dieser Ressource, was zur Nutzung einer der anderen Unterstützungsmöglichkeiten motiviert. So gesehen ist die Arbeitsform „multimedial“: Angeboten werden zwei verschiedene gedruckte Hilfskonzepte, Videos mit unterschiedlichen Zielsetzungen aus unterschiedlichen Quellen und verschiedene Personen, die Hilfe leisten können und sollen.

Wenn eine Schülerin bzw. ein Schüler einen Auftrag bearbeitet hat, ist die entstandene Fertigungszeichnung zu kontrollieren und der Lehrkraft vorzulegen. Gemeinsam werden die Stärken der Zeichnung analysiert und die Schwächen – insbesondere die Verstöße gegen die Zeichennormen – aufgezeigt und markiert. Dabei bleibt die Erstellung des 3D-Modells zunächst unberücksichtigt, es sei denn, Mängel in der Zeichnung sind offensichtlich auf Fehler in der Modellierung zurückzuführen. Somit hat die oder der Lernende die Chance, weitgehend eigene Wege bei der Lösungsfindung zu realisieren. Auch die Darstellung der Lösung ist – durch unterschiedlichste Anordnungen der Maße – individuell möglich. Einzig die notwendige geometrisch vollständige Definition des Bauteils durch alle Grund-, Form- und Lagemäße ist nicht verhandelbar. Die Abgabe einer Zeichnung wird durch eine Unterschrift auf der Zeichnung und eine Unterschrift auf dem Auftrag durch die Lehrkraft testiert. Um einen Überblick über die Leistungsfähigkeit der Lernenden zu erhalten, führt die Lehrkraft eine Liste, wer wann welches Testat erhalten hat. Damit ist aber keine Leistungsbewertung verbunden. Der Notenbeitrag dieses Leittextes wird ausschließlich durch einen angekündigten schriftlichen Leistungsnachweis („Schulaufgabe“) gebildet, der meist am Ende des fünften Blocks abgehalten wird. Inhaltlich entspricht er dem Leistungsniveau, das nach dem dritten oder vierten Auftrag erreicht wird. Dieses Niveau ist der Tatsache geschuldet, dass der Leittext bewusst so viele Aufträge umfasst, dass auch sehr guten Schüler:innen in der Unterrichtszeit die Aufgaben nicht ausgehen (innere Differenzierung) und außerdem neue Inhalte mehrfach wiederholt werden, bevor sie abgeprüft werden. Es würde von den Autoren

als unlauter erachtet, ein Feature nach einmaligem Ausprobieren sofort abzutesten, da noch nicht davon ausgegangen werden kann, dass das Feature mit Routine beherrscht wird. Hilfsmittel sind bei diesem Leistungstest – wie zu Beginn angekündigt – keine mehr zugelassen, allerdings steht systembedingt die Onlinehilfe noch zur Verfügung.

Für den auftragsorientiert-zielgerichteten Leittext sind – mit kurzer Einführung in die Arbeitsweise – ca. sechs Blockwochen à fünf Stunden vorgesehen. Nachdem in der bayerischen Lehrplanrichtlinie mehrere Lernfelder zu einem Unterrichtsfach „Fertigungstechnik“ zusammengefasst werden (im 2. Ausbildungsjahr die LF 5, 8 und 11, welches in Bayern in das zweite Lehrjahr vorgezogen wurde), war es leicht, die Stundenanteile aus den Lernfeldern herauszuziehen.

## Zusammenfassung

Auf der Suche nach Wegen zu „smartem Lernen“ finden sich im Internet zahlreiche frei verfügbare „Quiztools“. Aufgrund deren Arbeitsweise eignen sie sich hervorragend für das Repetieren und Abfragen von Fachbegriffen und Vokabeln. Die Gefahr besteht darin, dass Unterricht auf „ja/nein“-abprüfbares Wissen ausgerichtet und das problemlösende, zusammenhängende und kreativ-lösungsschaffende Moment des Unterrichts bei der Planung in den Hintergrund gedrängt wird.

Der Wunsch, modernen, computergestützten Unterricht zu entwickeln, wurde im Rahmen einer Masterarbeit umgesetzt. Ein Handlungsträger gibt den Lernenden die Freiheit, eigene Lösungswege zu entwickeln, indem die Lernenden aus einer größeren Anzahl von Hilfsmitteln die für sie passende Unterstützung auswählen und die Möglichkeit haben, individuell als wertvoll betrachtete Lerninhalte zu selektieren. Dies wurde durch einen auftragsorientiert-zielgerichteten Leittext umgesetzt.

## Literaturnachweis

Antonitsch, M. (2012). Projekte als Lernsituationen im Lernfeldunterricht. *Die berufsbildende Schule*, 64 (6), S. 200-204.

BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung (2019). *Pressemitteilung: 018/2019. Bund und Länder über DigitalPakt Schule einig. 5,5 Milliarden für die digitalen Infrastrukturen der Schulen – Beitrag zur digitalen Bildung in Deutschland*. Verfügbar unter <https://www.bmbf.de/de/bund-und-laender-ueber-digitalpakt-schule-einig-8141.html> (Zugriff am 22.09.2019).

KMK (Kultusministerkonferenz) (2018a). *Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Industriemechaniker/Industriemechanikerin*, Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 25.03.2004 i. d. F. vom 23.02.2018. Verfügbar unter <https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/Industriemechaniker-IH04-03-25-idf-18-02-23.pdf> (Zugriff am 19.09.2019).



- KMK (Kultusministerkonferenz) (2018b). *Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Zerspanungsmechaniker/Zerspanungsmechanikerin*, Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 25.03.2004 i. d. F. vom 23.02.2018. Verfügbar unter <https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/Zerspanungsmechaniker-IH04-03-25-idf-18-02-23.pdf> (Zugriff am 19.09.2019).
- Krause, A. (2016): *Entwicklung, Erprobung und Optimierung, eines CAD-Unterrichts für die 11. Jahrgangsstufe der Industriemechaniker/innen*. Masterarbeit an der TU München. München: TU München.
- Lindner, A. (2015): Möglichkeiten des Lernfelds „Fertigen auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen“ aus fachdidaktisch-praktischer Sicht (Teil 1). *lernen & lehren*, 30 (120), S. 166–173.
- Ohner, A. (2018): *Didaktisch begründete Unterrichtskonzepte für Vertretungsstunden in metalltechnischen Berufsschulen*. Masterarbeit an der TU München. München: TU München.
- Oswald, A. (2019): *Der „Digitale Werkzeugkasten“ für die Schule*. Verfügbar unter <https://read.bookcreator.com/3vIExSWz2LbxxkSOucbPkNyghBA2/JtFaFLkNT428oG5WGIqGxw> (Zugriff am 22.09.2019).

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Probleme bei der Programmierung von Rechenergebnissen im Textformat . . .	138
Abb. 2	Exemplarische Zuordnungsaufgabe in der Anwendung LearningApps.org . . . .	139
Abb. 3	CAD-Übung 3 . . . . .	142
Abb. 4	Anleitung zum Dreieck in Form eines Arbeitsplans . . . . .	143
Abb. 5	Konstruktionshilfe Lineare Austragung . . . . .	144

## Autor und Autorin



StD Dipl. Berufspäd. Univ. Andreas Lindner, Fachbetreuer für Industriemechaniker, Städt. Berufsschule für Fertigungstechnik, Deroyst. 1, 80335 München, [andreas.lindner@bsz-deroy.muenchen.musin.de](mailto:andreas.lindner@bsz-deroy.muenchen.musin.de)



StRin M.Ed. Anna-Lisa Krause, Städtische Berufsschule für Metall – Design – Mechatronik, Deroyst. 1, 80335 München, [annalisa.krause@bsz-deroy.muenchen.musin.de](mailto:annalisa.krause@bsz-deroy.muenchen.musin.de)

# **Berufliche Handlungsfähigkeit in digitalisierten Arbeitsumgebungen verlangt Prozesskompetenz und neue didaktische Ansätze in der beruflichen Bildung**

LARS WINDELBAND

## **Abstract**

Eine berufliche Handlungsfähigkeit in digitalisierten Arbeitsumgebungen verlangt eine neue Prozesskompetenz, da die Prozesszusammenhänge mit allen vor- und nachgelagerten Bereichen innerhalb der vernetzten Systeme in den Mittelpunkt rücken. Dazu müssen prozessbezogene Didaktikansätze entwickelt und umgesetzt werden, die das stärkere Zusammenwachsen von informationstechnischen und klassischen Unternehmensprozessen in den Blick nehmen. Damit erweitert sich der Bildungsgegenstand durch die Digitalisierung erheblich, da mehrdimensional die Digitalisierung und deren Veränderungen in der Arbeitswelt betrachtet werden. Der Beitrag zeigt die Veränderungen zum Prozessverständnis in den 90er Jahren und Handlungsmöglichkeiten für eine prozessorientierte Didaktik.

A vocational proficiency in digitalized working environments requires a new process competence, which puts the process interrelationships with all pre- and post-processing areas in the focus within the networked systems. For this process-related didactic approaches which look at the stronger merging of information technology and classical company processes must be developed and implemented. This expands the subject of education through digitalisation, since multidimensional digitalisation and their changes in the world of work are considered. The article shows the changes in process understanding in the 90s and possibilities for action for process-oriented didactics.

## 1 Einleitung

Die Digitalisierung der Arbeitswelt stellt das berufliche Bildungssystem heute und in Zukunft vor vielfältige Herausforderungen. Die Entwicklungen der Digitalisierung, die aktuell unter den Schlagworten Industrie 4.0/Wirtschaft 4.0/Künstliche Intelligenz diskutiert werden, verändern Technologien, Produkte, Organisationsprozesse und damit die gesamte Prozesskette innerhalb der Wertschöpfung und folglich die einzelnen Arbeitsaufgaben der Fachkräfte. Eine zukunftsorientierte Berufsbildung muss darauf reagieren und diesen Transformationsprozess mitgestalten. Dies bedarf veränderter Formen des Lernens sowie einer neuen Form der Didaktik, die die Zusammenhänge zwischen den Prozessen noch stärker in den Blick nimmt. Diese Fokussierung geht über die Beherrschung berufstypischer Arbeitsprozesse hinaus und lässt eine Fokussierung allein auf die Technologien weit hinter sich.

Eine der aktuellen Fragen ist, wie auf die damit verbundenen Herausforderungen in der Berufsschule und in den Ausbildungsbetrieben reagiert werden soll, um auch zukünftig die Aufgaben auf Ebene der Facharbeit und Spezialisten mit hoher Qualität wahrnehmen zu können. Genau hier setzt der aktuelle Beitrag an. Mit dem Modellvorhaben „Didaktik 4.0 – Smart Factory“ der PH Schwäbisch Gmünd werden Möglichkeiten der Neuausrichtung der schulischen und betrieblichen Ausbildung und neuer prozessbezogener Didaktikkonzepte aufgezeigt. Dabei stehen Lösungsmöglichkeiten für ein berufsübergreifendes Lernen genauso wie die Kooperation der beiden Lernorte mit Unterstützung digitaler Medien im Fokus.

## 2 Anforderungen in einer digitalisierten Arbeitswelt

Die Veränderungen der Arbeitswelt durch eine Digitalisierung von ganzen Prozessketten betreffen nicht nur die produzierenden Unternehmen, sondern genauso Dienstleister, das Handwerk sowie den Einzelhandel – und dies über alle Branchen hinweg. Die Digitalisierung eröffnet Unternehmen viele neue Chancen, setzt jedoch langfristig eine Vernetzung der gesamten Wertschöpfungskette voraus. Ziel ist es, mithilfe von Sensoren Daten aus der physischen Welt zu erfassen, diese zu analysieren und zu interpretieren und für netzbasierte Dienste innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette zur Verfügung zu stellen. Dadurch kann eine Verzahnung zwischen physischer und virtueller Welt erreicht werden, in der u. a. Produkte, Maschinen und Anlagen mit eingebetteter Hard- und Software über die bisherigen Anwendungsgrenzen hinweg miteinander agieren. Noch ist diese Verknüpfung der gesamten Wertschöpfungskette nur in Ansätzen erkennbar, jedoch beginnen immer mehr Unternehmen diese Entwicklungen voranzutreiben. Ein weiteres Ziel ist es, eine möglichst kundenindividuelle Produktion („Losgröße 1“) umzusetzen.

Wenn Anlagen und Maschinen mit Industrie 4.0-Hardware oder immer mehr künstlicher Intelligenz bestückt werden, dann bekommen die Anforderungsprofile der Facharbeit eine andere Ausrichtung. Aspekte der Vernetzung und ein Denken in vernetzten Systemen spielen eine immer wichtigere Rolle. Besonders das weitere

Zusammenwachsen von informationstechnischen mit den klassischen Prozessen der Produktion, der Logistik oder des Handels machen es erforderlich, die betroffenen Berufe auf diese veränderte Perspektive auszurichten. Die mit Industrie 4.0 einhergehende dezentrale Intelligenz führt zu einer erhöhten Verfügbarkeit von Daten, die hochgradig prozessrelevant sind und von den Fachkräften analysiert, bearbeitet und für die Optimierung der Arbeitsprozesse bis hin zu den Geschäftsprozessen genutzt werden können (vgl. bayme vbm 2016).

Um z. B. die beruflichen Arbeitsaufgaben in der Produktion bewältigen zu können, müssen zunehmend die Prozesszusammenhänge verstanden und Aufgaben wie Daten- und Prozessmanagement, vorausschauende Instandhaltung, Diagnose, Fehlersuche und -behebung an den vernetzten Anlagen beherrscht werden. Daneben sind für die Prozessbeherrschung auch Fertigkeiten und Fähigkeiten zur Beherrschung von Robotik, Pneumatik, Hydraulik, Antriebstechniken usw. noch relevant, aber nicht mehr allein ausreichend. Auch verschiebt sich die Fehlerhäufigkeit in allen Prozessen immer mehr in Richtung softwarebasierter Fehler. Ursache dafür ist das veränderte Zusammenspiel von Anlagen und Maschinen mit einer informationstechnischen Vernetzung mit den jeweiligen organisatorischen Verknüpfungen (vgl. ebd., S. 127 ff.). Zur Beherrschung der vernetzten Systeme sind auch methodische, soziale und personale Kompetenzen immer wichtiger. Die komplexen digitalisierten Produktionsprozesse sind heute von einzelnen Fachkräften kaum noch zu beherrschen. Um diese Systeme handlungssicher betreiben zu können, arbeiten interdisziplinäre Teams in der gesamten Wertschöpfungskette zusammen. Diese Verschiebungen sind auch auf den unterschiedlichen Hierarchieebenen zu sehen.

### **3 Didaktik digitalisierter Arbeits- und Geschäftsprozesse**

Wie muss man die Auszubildenden auf diese Herausforderungen und Aufgaben vorbereiten? Lernen muss zukünftig eng verknüpft sein mit den beruflichen Arbeits- und Geschäftsprozessen entlang der Wertschöpfungskette. Dabei unterscheidet sich die Ausrichtung vom Verständnis aus den 90er Jahren in den Ordnungsmitteln der Berufe (KMK 1996). Die damalige prozessorientierte Ausrichtung bezog sich vor allem auf die Festlegung von Kern- und Fachqualifikationen, die anhand berufstypischer Arbeitsaufgaben „prozessbezogen“ vermittelt werden und später z. B. in einem Einsatzgebiet vertieft werden sollten. Das Verständnis des Berufskonzepts wandelte sich von einer Ausrichtung am Beherrschen einzelner Technologien und Fertigungsverfahren hin zum Beherrschen bestimmter berufstypischer Arbeitsprozesse. Deutlich waren hier ein Zusammenhangswissen und Prozessbezüge als Kernelement der Neuausrichtung zu sehen.

In der aktuellen Debatte zur Digitalisierung mit Begriffen wie Berufsbildung 4.0, Wirtschaft 4.0 oder Industrie 4.0 tauchen viele dieser Schlagworte wieder auf: Prozesszusammenhänge verstehen, Prozesskompetenz oder berufsübergreifende Abstimmungen. Aktuell wird eine Erweiterung des Prozesswissens vorwiegend auf ein neues Denken und Handeln innerhalb der Wertschöpfungsketten der Unternehmen

bezogen. Dies sowohl auf der vertikalen Ebene – zwischen den Prozessen der Entwicklung, Logistik, Produktion, Instandhaltung bis zum Vertrieb – innerhalb des Unternehmens mit der Verknüpfung, Sammlung und Auswertung von Maschinen- und Prozessdaten auf Basis digitaler Abbildungen der Prozessdaten und auf horizontaler Ebene – zwischen den Prozessen der Zulieferer bis hin zu den Kunden – außerhalb des Unternehmens zur Bündelung und Prozessoptimierung nach außen. Damit muss vor allem das Verständnis auf der Ebene der Geschäftsprozesse für die gewerblich-technischen Berufe heute erweitert werden. Das verbindende Element zwischen allen Prozessen ist hier immer mehr die Vernetzung der gesamten Prozesse innerhalb der Wertschöpfungskette eines Unternehmens – und dies nach innen und nach außen (vgl. Windelband & Faßhauer 2019).

Damit kann die Digitalisierung nicht allein an der technologischen Entwicklung und deren Veränderungen festgemacht werden, und deshalb reicht die bloße Einbettung der Industrie 4.0-Technologien in die beruflichen Bildungsprozesse nicht mehr aus. Das Verständnis muss über die gesamte Prozesskette gehen und die Organisation genauso einschließen wie die Geschäftsprozesse und die Veränderungen der Mensch-Maschine-Schnittstelle. Damit erweitert sich der Bildungsgegenstand für die berufliche Bildung bei den Fragestellungen zur Digitalisierung erheblich, da mehrdimensional die Digitalisierung und deren Veränderungen betrachtet werden.



**Abbildung 1:** Digitalisierung als Bildungsgegenstand der Berufsbildung in prozessbezogenen Zusammenhängen

Bisher dominiert in der Aus- und Weiterbildung sehr stark der Fokus auf die sogenannten Industrie-4.0-Technologie, deren Verständnis und Funktionsweise (vgl. z. B. für die Weiterbildung Richter 2017, S. 242 ff.). Damit ist das didaktische Verständnis noch sehr stark auf Funktionalitäten oder die Digitalisierungsartefakte (Objekte, Pro-

dukte, Medien) (vgl. Becker 2019, S. 2) an sich fokussiert. Es ist jedoch eine prozessorientierte Didaktik in der beruflichen Bildung notwendig, die eine Fokussierung auf Zusammenhänge im Kern hat und die isolierte Betrachtung von Technik oder Medien als didaktische Zielstellung überwindet.

Gerade die Zusammenhänge in den Prozessen nehmen immer mehr an Bedeutung zu (vgl. bayme vbm 2016, Zinke et al. 2017), da die virtuellen und physischen Welten in der Arbeitswelt immer mehr verschmelzen. Dies stellt die Facharbeit jedoch vor zentrale Herausforderungen, die Becker (2019, S. 2) folgendermaßen zusammenfasst:

- Arbeiten mit Abbildungen der Realität (Simulation, Virtualisierung und Abbilder statt physischer Objekte: AR, VR, Prozessvisualisierung),
- Arbeiten mit und an smarten Anlagen und Werkzeugen mit künstlicher Intelligenz (Expertensysteme, Diagnosesysteme, Wissensmanagementsysteme, Smart Maintenance),
- Arbeiten mit Abstraktion, globalen Daten, Transparenz, in flexiblen Strukturen, Vernetzung als immanente Bedingung der Durchführung aller Arbeits- und Geschäftsprozesse,
- Automatisierung (neu: nun von geistigen Tätigkeiten); der Umgang damit,
- Schnittstellen (technisch und organisatorisch), Mensch-Maschine- und Mensch-Problemgebiet-Interaktion,
- hohe „Innovations“-Geschwindigkeit/Erneuerungszyklen.

Im Sinne einer beruflichen Handlungskompetenz in der Aus- und Weiterbildung bedeutet dies, die konkrete Lern- und Arbeitsaufgabe muss Problemstellungen einer digitalisierten Arbeitswelt in den Mittelpunkt stellen und nicht das digitale Werkzeug (VR-Brille oder 3D-Drucker) oder das digitale Medium (Tablets oder Whiteboards) an sich.

Nur mit einer prozessorientierten Umsetzung lässt sich die berufliche Wirklichkeit in ihrer Komplexität darstellen. Mit dem Grad der Vernetzung und der jeweiligen Relevanz für den Arbeits- und Geschäftsprozess innerhalb der Wertschöpfungskette ergeben sich die für den Unterricht und die Ausbildung erforderlichen Konzentrationen und Beschränkungen, um eine berufliche Handlungsfähigkeit in digitalisierten Arbeitsumgebungen zu erzielen. Die Umsetzungsbeispiele im Abschnitt 4 sollen zeigen, welche Möglichkeiten und Herausforderungen dabei entstehen.

## 4 Modellprojekt „Didaktik 4.0 – Smart Factory“

Das Modellvorhaben „Didaktik 4.0 – Smart Factory“<sup>1</sup> entwickelt Lösungsmöglichkeiten, um die Zielstellung einer prozessorientierten Didaktik (vgl. Abschnitt 3) umzusetzen. In einem regionalen Verbund, initiiert und koordiniert von der PH Schwä-

---

1 Das Projekt wird gefördert vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg 2017–2020.

bisch Gmünd, mit drei beruflichen Schulen mit je einem dualen Partner werden lernortübergreifend und prozessbezogenen Unterrichts- und Ausbildungskonzepte sowie Materialien unter Nutzung digitaler Medien zu Fragestellungen der Digitalisierung entwickelt. Im Projekt wird punktuell und exemplarisch die Ausbildung berufsübergreifend und aufgabenbasiert gestaltet. Dies geschieht unter Bezugnahme auf das berufliche Handlungsfeld der Instandhaltung und mit Berücksichtigung der bereits in der Lehrerweiterbildung konzipierten und ausgebrachten Handreichungen, um die Nachhaltigkeit der Projektergebnisse abzusichern sowie unnötige Redundanzen zu vermeiden (LIS 2016).

Bei der Entwicklung werden aktuelle eingesetzte technische Grundlagenmodule (CP Labs) bis hin zu einer kompletten Lernfabrik sowie reale Produktionsprozesse mit einbezogen. Hierzu gehört, neben der pilothaften Testung auf unterschiedlichen Niveaustufen, übergreifend für die Berufe Industriemechaniker/-in, Mechatroniker/-in sowie Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik, auch die direkte konzeptionelle Einbindung der Unternehmen zur Verknüpfung der prozessorientierten Lernszenarien für beide Lernorte.

Durch die Entwicklung und Umsetzung gemeinsamer prozessorientierter Lernsituationen wird somit die Lernortkooperation zwischen den Ausbildungsstandorten gestärkt, um bisher nicht genutzte Potenziale für die notwendige didaktische Innovationsarbeit auf der Meso- und Mikroebene (vgl. Faßhauer 2018) entfalten zu können. In den drei dualen Teilprojekten des Modellvorhabens wurde eine Lernortkooperation initiiert, in der Akteure beider Lernorte eng an einer gemeinsamen Fragestellung zusammenarbeiten.

#### **4.1 Zwischenergebnisse**

Im Modellvorhaben entwickeln die drei dualen Teilprojekte jeweils eigene Strategien zur exemplarischen Umsetzung prozessbezogener, berufsspezifischer und -übergreifender sowie lernortkooperativer Anforderungen von Industrie 4.0:

##### **Einzelaspekte vernetzter Arbeitsprozesse im Kontext einer Lehrwerkstatt**

Prozessbezogene Ausbildungsinhalte werden exemplarisch durch ein Retrofitting bestehender Standbohrmaschinen durch Auszubildende in der Lehrwerkstatt erarbeitet. Die Maschinen werden durch Auszubildende (Industriemechaniker:innen und Mechatroniker:innen) u. a. mit entsprechender Sensorik aufgerüstet und in einer späteren Projektphase zur Datenvisualisierung (mittels Tablet) und -aufbereitung vernetzt. Ziel ist die kontinuierliche Überwachung der Maschinen über die so gewonnenen Betriebsdaten, um Instandhaltungsmaßnahmen zu initiieren und umzusetzen („predictive maintenance“). Weiterhin werden die Zugänge zu den Maschinen über eine RFID-Schnittstelle gesteuert, die u. a. das Durchlaufen notwendiger Einweisungen und Sicherheitsvorschriften überprüft. Programmierung und Vernetzung mit entsprechenden betriebsinternen Datenbanken sind ebenfalls Ziele des Teilprojektes.



In gemeinsamen Workshops von Ausbildungsunternehmen und Berufsschule erarbeiten sich die Akteure nicht nur das notwendige Fach- und Prozesswissen zur Verknüpfung und Überwachung der Anlage, sondern lernen auch die Strategien und den Ablauf einer (vorausschauenden) Instandhaltung. Die Dokumentation der Arbeitsergebnisse erfolgt in Form von Lernvideos, die eigenständig von den Auszubildenden erstellt werden.

### **Umsetzung einer Lernsituation im realen Arbeits- und Geschäftsprozess**

Inhaltlich sind hier Instandhaltungsmaßnahmen aufgrund einer Gerätediagnose vor Ort zu planen, zu visualisieren und umsetzen. Dies geschieht im Kontext des predictive maintenance (vorausschauenden Instandhaltung) einer Späneförderanlage im Produktionsbetrieb. Hinsichtlich der Prozessorientierung geht es nicht zuletzt auch darum, ein Verständnis für Service- und Instandhaltungsmethoden und deren Vernetzung innerhalb des Unternehmens, zwischen den unterschiedlichen Bereichen und zu den Fachbereichen zu entwickeln.

Die Lern- und Arbeitsaufgaben werden direkt aus einem Arbeits- und Geschäftsprozess gewonnen und dort auch umgesetzt. In diesem Teilprojekt sind gemeinsame Workshops von Ausbildungspersonal und Berufsschullehrkräften zentrale Entwicklungsschritte. Das dabei entwickelte gemeinsame Konzept der dualen Partner wird an beiden Lernorten aufeinander bezogen: Die Berufsschule bereitet die entsprechenden Inhalte zu den Diagnosetools und deren Implementierung in den realen Prozess u. a. mit einem dreitägigen schulischen Workshop mit Mechatroniker:innen sowie Elektroniker:innen für Automatisierungstechnik vor. Im Rahmen eines dreitägigen betrieblichen Workshops setzen die Auszubildenden die Diagnoseaufgabe dann im realen Arbeits- und Geschäftsprozess um und implementieren das Diagnosetool in der Produktion. Hier dienen die Expert:innen aus den Unternehmen und die Lehrkräfte als externe Berater:innen für die Auszubildenden. Hierbei sind auch Auszubildende aus anderen Unternehmen aus der Berufsschulklasse beteiligt, wobei die Auszubildenden des dualen Projektpartners als Mentor:innen fungieren. Die Lernortkooperation wird somit auf einer zusätzlichen Ebene verankert. Die Auszubildenden dienen später als Multiplikatoren für die Beschäftigten im Unternehmen, um in das neue Diagnosetool einzuweisen (Erstellung eines Anleitungsvideos).

### **Simulation eines realen Arbeitsprozesses in einer cloudbasierten Lernortkooperation**

Ziel des dritten dualen Teilprojektes ist es, reale Industrieprozesse zunächst an einem schulischen CP Lab (Bohren) zu simulieren; dafür wurde die Anlage zur Erfassung von Leistungs- und Verbrauchsdaten aufgerüstet. Der Einbau der notwendigen Sensorik und die Visualisierung der für das predictive maintenance erfassten Verbrauchsströme geschehen weitgehend selbstständig durch die Auszubildenden. Gleichzeitig werden die Einbindung des Vorgangs „Bohren“ mit den vor- und nachgelagerten Prozessschritten in der Lernfabrik und deren Vernetzung thematisiert.

Anschließend werden diese Fähigkeiten auf eine gleichartige Anlage des Ausbildungsbetriebes (smart factory) übertragen. Ziel ist dabei, die gewonnenen Parameter für den Prozess der Fernwartung zu nutzen und diesen Prozess zwischen beiden Lernorten zu simulieren. Damit werden beide Anlagen miteinander verknüpft, um ein Produzieren an mehreren Standorten zu simulieren. Der Datentransfer und die Auswertung werden cloudbasiert gestaltet, die entsprechende Anbindung der gewonnenen Messdaten etc. ist ein weiteres Ziel des dualen Projektes.

## 4.2 Umsetzung einer Lernsituation im realen Arbeits- und Geschäftsprozess am Beispiel des Späneförderers

Am Beispiel der Lernstation „Späneförderer“ soll die Fokussierung auf die Arbeits- und Geschäftsprozesse mit einer prozessorientierten Didaktik verdeutlicht werden. Neben der Prozessorientierung zeichnet sich die Lernsituation durch folgende Merkmale aus:

- Lernen in problemorientierten und vernetzten Projekten,
- Lernen ist vorwiegend selbstgesteuert und selbstverantwortet,
- Lernen für Industrie 4.0 integriert prozessbezogene Technologien (Diagnosetool) aus der Praxis,
- Ausbilder:innen und Lehrkräfte sind Lernbegleiter:innen und Prozessbegleiter:innen,
- Vielfalt an Lernmethoden: problemorientiertes Lernen, Arbeitsstudie zur Prozessanalyse, Lernen in der realen Arbeitswelt und in virtuellen Räumen (Simulation),
- Interdisziplinäres Lernen (zwischen zwei Berufen) und vernetztes Zusammenarbeiten bei der Umsetzung im Unternehmen (Unternehmen: Ausbildung, Instandhaltung, Personal; Berufsschule),
- Digitale Medien werden als Hilfsmittel zur Aufbereitung, Dokumentation, Visualisierung, Kommunikation und Präsentation eingesetzt.

Die zeitliche Umsetzung der Lernsituation war in zwei Teile aufgeteilt: Einer dreitägigen Vorbereitung in der Berufsschule in Form eines Workshops folgte die Umsetzung im Unternehmen in enger Kooperation mit der Berufsschule mit einer Implementierung des Diagnosetools. Der berufsschulische Workshop zur Vorbereitung beinhaltete folgende Themen:



Die Bohrstation CP-Lab ist ein Grundlagenmodul der Lernfabrik der Berufsschule. Am Beispiel des CP-Lab wurden die Grundlagen der Instandhaltung und Wartung thematisiert. Zu Beginn des Workshops erhielten die Auszubildenden ein Fehlerprotokoll, in dem mögliche Fehler der Anlage beschrieben waren. Die Aufgabe war es, die Instandhaltungsmaßnahmen zu definieren und durchzuführen, damit die Bohr-

station wieder funktionsfähig ist. Im nächsten Schritt mussten die Auszubildenden einen Wartungsplan sowie einen Inspektionsplan bearbeiten, in dem sie die Begriffe sowie die Inhalte des jeweiligen Plans aufzeigten. Danach wurde das Fehlerprotokoll genutzt, um ein Pareto-Diagramm für die Fehlerhäufigkeit zu erstellen, die zwei häufigsten Fehler auszuwerten und den Ablauf einer Instandhaltung zu besprechen. Da einer der Fehler eine abgenutzte Dichtung war, mussten ein Ablaufschema sowie ein Montageplan zum Entfernen der Dichtringe verfasst werden. Am Ende des dreitägigen Workshops wurden noch verschiedene Instandhaltungsstrategien mit den jeweiligen Definitionen, Anwendungen sowie den Vor- und Nachteilen besprochen.

Die betriebliche Umsetzung dauerte drei Tage und wurde von den Lehrkräften, Ausbildern und Mitarbeitern des Betriebes gemeinsam durchgeführt. Für alle Auszubildenden, die an dem Projekt teilnahmen und die aus unterschiedlichen Betrieben stammen, war noch einmal ein vertiefter Blick in die Geschäfts- und Arbeitsprozesse des Unternehmens notwendig. Der Ablauf mit den genauen Zielstellungen ist in der Tabelle 1 abgebildet.

**Tabelle 1:** Ablaufplan und Zielstellungen der Umsetzung (Quelle: Bleher, Faßhauer, Windelband 2019, S. 15)

Schwerpunkte	Methoden	Rolle der Azubis/Lehrende	Zielstellungen
Standortpräsentation zum Unternehmen	Präsentation via Power Point	Ausbildungsverantwortliche	Einblick in die Geschäfts- und Arbeitsprozesse des Unternehmens
Betriebsrundgang „Vernetzung und Datentransfer“	Rundgang mit Besichtigung und Erläuterungen (Arbeitsanalyse)	Instandhaltungsleiter/ Azubis aus dem Unternehmen als Know-how-Träger	Gesamtzusammenhang des Produktionsablaufes bis Einbettung des Späneförderers
Arbeitsprozess Späneförderer erschließen – Erstellung Programmablaufplan Diagnosetool	Aufnahmen Arbeitsprozess mittels Video und Programmablauf erstellen (Laptop, Flipchart)	Auszubildende selbstständig – gezielte Fragen an die Expertinnen und Experten (Schule/Betrieb)	Grundverständnis für den Späneförderer (Funktion, Programmverständnis, Einbettung und bisherige Fehlerquellen)
Wartungs- und Instandhaltungsaufgaben im Prozess	Eigenständige Erarbeitung durch die Azubis – Unterlagen von Schule/Betrieb	Auszubildende selbstständig – gezielte Fragen an die Instandhaltung	Entwicklung einer Instandhaltungsstrategie (bisherige Fehlerquellen, zukünftige Erfassung)
Simulation der Fehlermeldungen und Aufspielen der Fehlermeldung im realen Prozess	Simulation zum Testing mittels Diagnosetool; Aufspielen im realen Arbeitsprozess	Simulation eigenständig, Aufspielen in Kooperation mit der Instandhaltung	Softwareinstallation und Testing - Funktionen Condition Monitoring
Sicherung der Ergebnisse und Abschlusspräsentation	Erstellung/Umsetzung der Abschlusspräsentation via Power Point	Auszubildende selbstständig	Rückkopplung der Ergebnisse zur Instandhaltung und Ergebnissicherung
Azubibefragung zur Evaluierung	Befragung durch wissenschaftliche Begleitung	Befragung der Azubis	Evaluierung der Umsetzung

Der erste Tag begann mit einer Begrüßung und einer Standortpräsentation, an die ein Betriebsrundgang angeschlossen war, um das Unternehmen sowie den Prozess des Späneförderers kennenzulernen. Im Anschluss mussten die Auszubildenden einen Ablaufplan zu dem Späneförderer und deren Vernetzung im Unternehmen erarbeiten sowie die Fehlermeldungen aus dem aktuellen Programm herausarbeiten und am Ende des Tages präsentieren. Die Vertreter:innen des Unternehmens dienten hier als Expert:innen für Nachfragen und Informationen.

Der zweite Tag begann mit einer kurzen Einführung in die Simulation des Späneförderers, um dann die Fehlermeldungen, die am vorherigen Tag aus dem aktuellen Programm herausgearbeitet wurden, im neuen Diagnosetool zu erstellen. Nach der Überprüfung erstellte jeder Auszubildende eine Fehlermeldung am leitenden Computersystem. Nach der Richtigkeitsüberprüfung wurde das neue Programm an der Steuerung des Späneförderers aufgespielt und einzelne Fehlermeldungen, wie beispielsweise ein leerer Öl-Behälter oder das Auslösen des Not-Aus-Schalters, getestet und erfolgreich bestätigt.

Am dritten Tag wurden von den Auszubildenden folgende Themen bearbeitet:

- Fertigungsprozess des Unternehmens – vom Gesamt- zum Einzelprozess des Späneförderers
- Funktionsbeschreibung und Prozesseinbindung des Späneförderers
- Endergebnisse des Projektes im Rahmen der realen Umsetzung mit Funktionstests zur Problemlösung.

Die Präsentationen wurden der Führungsebene des Betriebs sowie der Schulleitung der beruflichen Schule (und weiteren Personen) vorgestellt. Aus den Reihen der Zuhörer kamen durchweg positive Rückmeldungen wie „mit diesem Projekt wird deutlich, dass die Auszubildenden Innovationsträger sind“ (Zitat) oder auch „Ihr (die Auszubildenden) habt in diesem Projekt einen realen Arbeitsauftrag bearbeitet und definitiv erfolgreich abgeschlossen“ (Zitat).

## 5 Schlussfolgerungen/Handlungsschritte

Das Projekt zeigt, dass sich die Art und Weise der Didaktik den neuen Herausforderungen der Industrie stellen muss. Lernortübergreifende Fragestellungen, die die Prozesskompetenz mit einem Denken und Handeln in Netzwerken im Kern haben, müssen stärker integriert werden. Die Prozesszusammenhänge mit allen vor- und nachgelagerten Bereichen innerhalb der vernetzten Produktionssysteme zu verstehen und einschätzen zu können, wird dabei immer wichtiger.

Die erfolgreiche Umsetzung des digitalen Wandels wird stark davon abhängig sein, wie sich die berufliche Bildung weiterentwickeln wird. Wichtig sind – neben der technologischen Ausstattung – die Weiterentwicklung der Curricula, die Fortbildung der Berufsschullehrkräfte und Ausbildungsverantwortlichen sowie eine konsequente Umsetzung einer prozessorientierten Didaktik in den Lehr-Lern-Arrange-

ments. Damit ist die eigentliche Herausforderung die Änderung der Lernkultur hin zu einer prozessorientierten Fokussierung mit höherer Individualisierung, Förderung der Kreativität und der Problemlösung, Schüler-, aber auch Teamorientierung sowie eine stärkere Verknüpfung unterschiedlicher Lernkontexte (Nachhaltigkeit, Ganzheitlichkeit, Mitgestaltung etc.). Die neuen Lernräume und digitalen Medien müssen diese Entwicklung unterstützen. Folgende Handlungsschritte sollten dabei angegangen werden:

- Konzeptionelle Wende in der dualen Ausbildung mit einer Förderung ganzheitlichen Denkens in Prozesszusammenhängen und vernetzten Systemen.
- Weiterentwicklung der Unterrichts- und Ausbildungsgestaltung mit Lernortkooperationen, einer prozessorientierten Didaktik, Veränderung der Rolle des Bildungspersonals, berufsübergreifenden Fragestellungen und einer darauf ausgerichteten Prüfungsgestaltung.

## Literatur

- bayme vbm - Spöttl, G., Gorltdt, C., Windelband, L., Grantz, T. & Richter, T. (2016). *Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E-Industrie*. München. Verfügbar unter [https://www.baymevbm.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2016/Downloads/baymevbm\\_Studie\\_Industrie-4-0.pdf](https://www.baymevbm.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2016/Downloads/baymevbm_Studie_Industrie-4-0.pdf) (Zugriff am: 07.12.2016).
- Becker, M. (2019). *Von der Mediendidaktik zur Didaktik digitalisierter Arbeitsprozesse*. Verfügbar unter [http://www.kommunale-koordinierung.de/files/St%C3%A4dte\\_und\\_Landkreise/Anlagen\\_Quartalsberichte/Region\\_Hannover/Fachtag\\_2019/Dokumentation/Fachtag\\_Hannover\\_022019\\_Didaktik-der-Digitalisierung\\_Becker\\_Text.pdf](http://www.kommunale-koordinierung.de/files/St%C3%A4dte_und_Landkreise/Anlagen_Quartalsberichte/Region_Hannover/Fachtag_2019/Dokumentation/Fachtag_Hannover_022019_Didaktik-der-Digitalisierung_Becker_Text.pdf) (Zugriff am: 25.03.2019).
- Bleher, L., Faßhauer, U. & Windelband, L. (2019). Lernortkooperative Entwicklung didaktischer Konzepte im Kontext von Industrie 4.0. *berufsbildung*, 176, S. 12–15.
- Faßhauer, U. (2018). Lernortkooperation im Dualen System der Berufsausbildung – implizite Normalität und hoher Entwicklungsbedarf. In: R. Arnold, A. Lipsmeier & M. Rohs (Hg.). *Handbuch Berufsbildung*. Wiesbaden: Springer VS. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/referencework/10.1007%2F978-3-658-19372-0> (Zugriff: 14.10.2019).
- KMK (Sekretariat der Kultusministerkonferenz) (Hg.) (1996). *Handreichungen für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz (KMK) für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe*. Bonn.
- LIS – Landesinstitut für Schulentwicklung Baden-Württemberg (2016). *Handreichung zu Industrie 4.0 – Umsetzung im Unterricht*. Stuttgart.
- Richter, T. (2017). Betriebliche Weiterbildung als Antwort auf die Implementierung von Industrie 4.0. In G. Spöttl & L. Windelband (Hg.). *Industrie 4.0 – Risiken und Chancen für die Berufsbildung* (S. 241–260). Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.

- Windelband L. & Faßhauer, U. (2019). Veränderungen durch Industrie 4.0 in der dualen Ausbildung von industriellen M+E-Berufen – Ein lernortkooperatives Pilotprojekt. In M. Becker, M. Frenz, K. Jenewein & M. Schenk (Hg.). *Digitalisierung und Fachkräftesicherung als Herausforderung an die gewerblich-technischen Wissenschaften und ihre Didaktiken* (S. 157–167). Bielefeld: wbv Media.
- Zinke, G., Renger, P., Feirer, S. & Padur, T. (2017). Berufsausbildung und Digitalisierung – ein Beispiel aus der Automobilindustrie. In Bundesinstitut für Berufsbildung (Hg.), *Reihe Wissenschaftliche Diskussionspapiere*, Heft 186, Bonn.

## Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1      Digitalisierung als Bildungsgegenstand der Berufsbildung in prozess-  
bezogenen Zusammenhängen ..... 152

## Tabellenverzeichnis

- Tab. 1      Ablaufplan und Zielstellungen der Umsetzung ..... 157

## Autor



**Windelband, Lars**, Prof. Dr., Professor für Technik und ihre Didaktik, Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd, Institut für Bildung, Beruf und Technik, Oberbettringer Straße 200, 73525 Schwäbisch Gmünd, [lars.windelband@ph-gmuend.de](mailto:lars.windelband@ph-gmuend.de)

**Informatik verändert  
die gewerblich-technische Berufsbildung**





# Neues zur beruflichen Fachrichtung „Informationstechnik/Informatik“

AXEL GRIMM

## Abstract

Die berufliche Fachrichtung Informationstechnik/Informatik unterliegt als relativ neue berufliche Fachrichtung historischen Zwängen. Der Beitrag thematisiert die Entwicklungen, um dadurch aufzuzeigen, dass die berufliche Fachrichtung Informationstechnik/Informatik – unter den aktuellen Herausforderungen – dringend mit einem eigenständigen Profil in der Lehramtsausbildung und als Forschungsgebiet sichtbar werden muss.

The vocational specialisation information technology is subject to historical constraints. The article deals with the developments to show that the vocational specialisation in information technology – under the current challenges – urgently must become visible with an independent profile in lecturer training and as a field of research.

## Hinführung

Mit der Veröffentlichung der KMK zu den „Ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung“ (KMK 2017) hat die berufliche Fachrichtung „Informationstechnik“ den Appendix „/Informatik“ erhalten. Dies erscheint aus einer Lehrkräftebildungsperspektive zunächst „neu“ und „verwunderlich“. „Neu“ könnte es deswegen sein, weil dadurch eine tradierte – meist institutionalisierte – Verwandtschaft/Nähe zur Elektrotechnik als ingenieurwissenschaftlicher Bezugsdisziplin auf den Prüfstand zu stellen ist. „Verwunderlich“ ist es vielleicht deswegen, weil eigentlich bereits seit 1997 eine eigenständige Berufsfamilie der IT-Ausbildungsberufe existiert und die Lehrkräftebildung darauf nur wenige einheitliche Antworten gefunden hat. Dies sicherlich auch deswegen, weil zunächst keine verantwortliche berufliche Fachrichtung existierte; erst im Jahre 2007 ist die damals noch als berufliche Fachrichtung Informationstechnik benannte berufliche Fachrichtung in den Kanon der 15 weiteren beruflichen Fachrichtungen durch die KMK aufgenommen worden (KMK 2007). Dazwischen gab es Eigenbezeichnungen wie die berufliche Fachrichtung „Elektrotechnik/Informatik“ (Flensburg) oder „Berufliche Informatik“ (Münster). Über 20 Jahre nach der Einführung der vier IT-Ausbildungsberufe und aufgrund der steigenden Bedeutung

der Informationstechnik in der Arbeitswelt und Gesellschaft sowie steigenden Auszubildendenzahlen erscheint auch eine Überarbeitung bestehender Konzepte für eine Lehrkräftebildung in der Informationstechnik/Informatik nun dringend erforderlich zu sein.

## Technische Genese der Informationstechnik

Historisch hervorgegangen aus den technischen Entwicklungen der Elektrodynamik hat sich noch vor der eigentlichen, industriell nutzbaren Elektrotechnik die Telegrafentechnik etabliert. Nachrichtentechnik und Energietechnik lassen sich daher bereits seit dem 19. Jahrhundert als zwei Entwicklungsstränge der Elektrotechnik bezeichnen. Bis heute existieren die Vertiefungsbereiche „Nachrichtentechnik“ und „Energietechnik“. Rundfunktechnik, Fernsehtechnik, Radartechnik und Telefontechnik sind die technischen Vorboten der nun durch die digitalisierten Kommunikationssysteme zusammengefassten Informations- und Telekommunikationstechnik (IT). Somit lässt sich historisch gedeutet die Nähe der Informatik zur Elektrotechnik begründen; die maschinennahe Programmierung war bereits früh ein eher elektrotechnisches Forschungsfeld. Allerdings existiert diese Nähe auch zur Mathematik. George Bool legte mit seiner Booleschen Algebra gegen Mitte des 19. Jahrhunderts einen Grundstein für die systematische Behandlung der Logik. Rechenmaschinen und Rechentechnik waren daher auch Forschungsfelder der Mathematik (vgl. Bruderer 2018). Eigenständige Studiengänge wurden erst gegen Ende der 1960er Jahre entwickelt und im Rahmen des Überregionalen Forschungsprogramms Informatik (ÜRF) angeschoben. Ausschlaggebend hierfür war der Fachkräftemangel in der Industrie. Anfang der 1970er Jahre konnten die ersten Diplomstudiengänge beginnen. „Programmierung“ und „Rechenanlagen“ als Soft- und Hardware-Schwerpunkte eines Informatikstudiums existierten bereits frühzeitig.

Aber auch in der Betriebswirtschaftslehre tat sich bereits in den 1960er Jahren aufgrund der technologischen Entwicklungen und der zunehmenden Bedeutung von IT-Anwendungen und IT-Ausstattungen in der wirtschaftlichen Praxis eine Forschungslücke auf, die in den folgenden Jahren durch eine eigenständige Wirtschaftsinformatik geschlossen wurde. Auch hier haben Ausbildungsengpässe aus der Wirtschaft eine Etablierung an den Hochschulen vorangetrieben (vgl. Lange 2006).

## Ordnungspolitische Genese

Die berufliche Fachrichtung „Informationstechnik“ ist eine der jüngeren beruflichen Fachrichtungen. Erst im Jahre 2007 wurde sie zusammen mit der „Fahrzeugtechnik“ von der KMK als letzte berufliche Fachrichtung aufgenommen (vgl. KMK 2007). Zuvor kann die Informationstechnik als ein spezielles Fachgebiet der (beruflichen) Fachrichtung „Elektrotechnik“ bzw. der (beruflichen) Fachrichtung „Wirtschaft und Verwaltung“ bzw. vor 1995 „Wirtschaftswissenschaften“ angesehen werden. Bereits

1973 wurden neben der Starkstromtechnik die Nachrichtentechnik und die Informatik/Kybernetik angeführt; auch im Bereich der Wirtschaftswissenschaft gab es die Vertiefung Informatik (vgl. KMK 1973, Petersen 2010).

Im Bereich der Informationstechnik kam es durch den zunehmenden Einsatz von elektronischer Datenverarbeitung zu Entsprechungen in der Berufsausbildung. Ausbildungsberufe wie „Datenverarbeitungskaufmann/-kauffrau“ (1969), „Informationselektroniker/-in“ (1972) oder „Kommunikationselektroniker/-in“ (1987) ermöglichten bereits früh, Bedarfen der Wirtschaft zu entsprechen.

Im Jahr 1997 wurden die vier dualen IT-Ausbildungsberufe neu geschaffen und begründeten eine eigenständige Berufsfamilie. Bisher gestalteten sich berufliche Fachrichtungen auf der Grundlage von Berufsfeldern, die in sich über Kriterien wie Artverwandtschaft der Tätigkeit, Berufsmilieu oder Wirtschaftszweig zusammengefügt wurden und historisch eng mit den Entwicklungen des Berufsgrundbildungsjahres verknüpft waren (vgl. Herkner 2010). Bei der Berufsfamilie der vier IT-Ausbildungsberufe war dies anders. Sie umfasst die folgenden Berufe: „Informatikkaufmann/-frau“, „IT-Systemkaufmann/-frau“, „IT-Systemelektroniker/in“ und „Fachinformatiker/in“ (Fachrichtung „Anwendungsentwicklung“ oder „Systemintegration“). Bereits ohne eine engere berufswissenschaftliche Analyse vornehmen zu müssen, lassen sich die Berufe „Informatikkaufmann/-frau“ und „IT-Systemkaufmann/-frau“ eher der Betriebswirtschaftslehre, der Beruf „IT-Systemelektroniker/-in“ eher der Elektrotechnik und der Beruf „Fachinformatiker/-in“ eher der Informatik zuordnen. Diese sehr verkürzte Analyse gestaltet aber in der Tat den Bezugsrahmen für ein fachwissenschaftliches, berufswissenschaftliches und berufsdidaktisches Kompetenzprofil in der Lehrkräftebildung: Informatik, Wirtschaft und Elektrotechnik sind die fachwissenschaftlichen Pfeiler, die ein Studium der beruflichen Fachrichtung „Informationstechnik/Informatik“ stützen.

Die IT-Ausbildungsberufe waren die ersten Ausbildungsberufe, bei denen die schulischen Rahmenlehrpläne nach dem Lernfeldkonzept gestaltet wurden. Seitdem sind diese nicht neugeordnet worden (Stand 2019). Im Jahr 2017 sind im Rahmen einer ersten Überarbeitung der IT-Berufe Änderungen vorgenommen worden, die im Wesentlichen dringende Anpassungsmaßnahmen zum Thema IT-Sicherheit betrafen. Die sich verändernden Anforderungen in den Bereichen Vernetzung, Internet of Things, Industrie 4.0 und die damit verbundene Digitalisierung aller Wirtschaftsbereiche sollen zu einer weiteren Anpassung bzw. Neuordnung im Jahre 2020 führen.

Für die Lehramtsausbildung war sicherlich die Einführung der eigenständigen beruflichen Fachrichtung Informationstechnik (2007) von großer Bedeutung; allerdings führte dies auch zu einem hohen Grad an Heterogenität bezüglich der Lehramtsausbildung. Erst mit den „Ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung“ (KMK 2017) besteht nun ein bundeseinheitlicher Rahmen für die Ausbildung von Lehrkräften in der neu bezeichneten beruflichen Fachrichtung „Informationstechnik/Informatik“. Die neue Bezeichnung der beruflichen Fachrichtung wurde von der KMK im Jahre

2018 auch in die „Rahmenvereinbarung über die Ausbildung und Prüfung für ein Lehramt der Sekundarstufe II (berufliche Fächer) oder für die beruflichen Schulen (Lehramtstyp 5)“ aufgenommen. Damit wurden relativ aktuell wegweisende Weichen hinsichtlich einer einheitlichen Bezeichnung und einer bundesweit geregelten Lehrkräfteausbildung gestellt.

## Anforderungen an die Lehramtsausbildung

In den „Ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung“ (KMK 2017, S. 103 ff.) sind das Kompetenzprofil und die Studieninhalte für ein Studium der beruflichen Fachrichtung Informationstechnik/Informatik geregelt; dort heißt es u. a.:

„Die Studienabsolventinnen und -absolventen verfügen über ein an die dynamischen Entwicklungen anschlussfähiges, fundiertes und breites Fachwissen im Bereich Informatik sowie über grundlegendes Fachwissen in den Bereichen Elektrotechnik und Wirtschaft, einschließlich der jeweils relevanten ökologischen, ökonomischen, sozialen und ethischen Aspekte, ein reflektiertes Wissen zu Arbeit, Beruf und lebensweltlichen Veränderungen sowie über ein breites Wissen über fachdidaktische Theorien und Konzepte und können dieses in unterschiedlichen beruflichen Anforderungskontexten flexibel anwenden“ (ebd., S. 103).

Der Primat der Bezugswissenschaft wurde somit ordnungspolitisch auf die Informatik angewendet. Dies findet sich ebenfalls wieder in den fach- und berufswissenschaftlichen Inhaltsbereichen, die zunächst „Grundlagen der Elektrotechnik mit Bezug zur Technischen Informatik“ und „Grundlagen aus den Bereichen Betriebswirtschaftslehre und Recht (mit Fokus auf die in der Informationstechnik/Informatik relevanten Geschäftsprozesse und das Prozessmanagement)“ festlegen, dann aber spezifisch u. a. „Algorithmen und Datenstrukturen“, Datenmodellierung und Datenbankentwurf“, „Programmierung und Softwaretechnik“ und „Rechnerstrukturen und verteilte Systeme“ auflisten (ebd., S. 104f.).

Neben den berufs- und fachwissenschaftlichen sind auch die didaktischen Inhaltsbereiche in der Rahmenvereinbarung festgehalten. Lehrveranstaltungen in der Didaktik der beruflichen Fachrichtung Informationstechnik/Informatik entwickeln danach Kompetenzen in den folgenden Bereichen:

- berufs- und fachdidaktische Konzepte und deren Begründungszusammenhänge sowie aktuelle Rahmenvorgaben,
- didaktische Handlungsfelder auf der Makro-, Meso- und Mikroebene des Lehrerhandelns
- theoriegeleitete Planung, Durchführung, Reflexion sowie Analyse und Evaluation kompetenzorientierter Lehr- und Lernprozesse,
- Methoden, Techniken und Medien zur Erschließung relevanter informationstechnischer und informatischer Inhalte, sodass die visuelle, auditive und hapti-

sche Wahrnehmung angesprochen und die Anforderungen an einen sprachsensiblen Unterricht beachtet werden,

- Kenntnis, Analyse und didaktische Aufbereitung von Lehr-Lernsituationen durch didaktische Rekonstruktion und didaktische Reduktion beruflicher Handlungssituationen unter Berücksichtigung des Lernfeldkonzepts sowie der Kompetenzorientierung,
- Berufsbildungsforschung und fachrichtungsspezifische Lehr-Lernforschung,
- Diagnoseverfahren und Konzepte zur individuellen Förderung und Leistungsbeurteilung,
- Umgang mit Heterogenität und Inklusion im Sinne der individuellen Förderung und Leistungsbeurteilung (vgl. KMK 2017, S. 105).

Da eine Didaktik einer beruflichen Fachrichtung eine Transformation im Spannungsdreieck von Arbeit, Technik und Berufsbildung zu leisten hat, können diese Transformationen gewinnbringend nur unter Einbezug von berufs- und fachwissenschaftlichen Inhalten geschehen. Aus diesem Grunde sollten eigenständige fachrichtungsspezifische Didaktiklehreveranstaltungen angeboten werden.

## Zur Vielfalt der Studienmodelle

Für diejenigen, die mit dem Berufswunsch Lehrkraft an berufsbildenden Schulen mit der beruflichen Fachrichtung Informationstechnik/Informatik einen geeigneten Studienstandort suchen, offenbart sich ein noch diffuseres Bild von Studiengang-Modellen gegenüber anderen gewerblich-technischen Fachrichtungen. Dies liegt zuallererst daran, dass sich die berufliche Fachrichtung Informationstechnik/Informatik noch nicht deutschlandweit als eigenständige Fachrichtung mit einem eigenständigen Studienmodell etablieren konnte und oftmals als Anhängsel der Elektrotechnik mitgeführt wird.

An etwa 14 Studienstandorten lässt sich der Berufswunsch zur Lehrkraft in der beruflichen Fachrichtung Informationstechnik realisieren. Auffällig sind die unterschiedlichen Bezeichnungen der Studiengänge, die eine Studienorientierung nicht gerade vereinfachen. Dazu kommen noch die unterschiedlichen Modelle: Staatsexamen, Bachelor-/Master-Modell, Master-Modell, Modelle mit kleiner und großer beruflicher Fachrichtung, Informationstechnik als Vertiefung oder Wahlpflichtbereich. Die Tabelle 1 ermöglicht eine erste – letztlich noch nicht auf Vollständigkeit geprüfte – Zusammenschau von Studienstandorten und deren Studienkonzepten. Die bereits beschriebene Vielfalt ist auch durch länderspezifische Besonderheiten geprägt: So wird eine Interessentin aus Berlin, die ihre duale Berufsausbildung an einem Oberstufenzentrum (OSZ) absolviert hat, erst nach weitergehender Recherche mit einem Lehramt an Berufskollegs etwas verbinden können. Ob eine prägendere einheitliche Bezeichnung für die einschlägigen Lehramtsstudiengänge, bspw. „Lehramt an beruflichen Schulen“ eine Studienorientierung vereinfacht, bleibt eine Vermutung.

Neben der Studiengangkonzeption spielen – auch aus Sicht einer Akkreditierung – bei der curricularen Umsetzung weitere Kriterien eine qualitätssichernde Rolle. Zunächst sei auf die personelle Vertretung einer Didaktik der beruflichen Fachrichtung Informationstechnik verwiesen. Der derzeit zu beobachtende Trend hin zu beruflichen Bereichsdidaktiken mit fünf oder mehr beruflichen Fachrichtungen unter einer Professur kann m. E. nur eine fach- und berufsdidaktisch angemessene wissenschaftliche Ausbildung leisten, bei der auch die Fachlichkeit und Beruflichkeit der Bezugsdisziplin in didaktische Transformationen Einzug halten kann. Weiterhin sollten Studienmodule für die „fach- und berufswissenschaftlichen Inhalte“ (KMK 2017, S. 104f.) nicht nur als Service aus den affinen Bezugsdisziplinen generiert werden. Eigenständige Module, die auch Gegenstandsbereiche der beruflichen Arbeit abdecken, bspw. bei den Neuerungen in der Telefonie am Beispiel von „Voice over IP“ (VoIP), ermöglichen eine passgenauere fachliche Prägung und eine engere Verzahnung fachlicher und didaktischer Studienanteile.

**Tabelle 1:** Studienstandorte der beruflichen Fachrichtung Informationstechnik

Standort	Studiengangsbezeichnung	Verankerung BFR IT	Studiengangskonzept
Bergische Universität Wuppertal	Dualer Master of Education – Lehramt an Berufskollegs	Große berufliche Fachrichtung Maschinenbau-technik oder Elektrotechnik mit der kleinen beruflichen Fachrichtung Informationstechnik	Berufsintegrierter dualer Masterstudiengang
Europa-Universität Flensburg	Master of Vocational Education – Lehramt an beruflichen Schulen	Berufliche Fachrichtung Informationstechnik	Masterstudiengang
FH Münster/Westfälische Wilhelms-Universität Münster	Informationstechnik – Lehramt an Berufskollegs	Berufliche Fachrichtung Informationstechnik	Bachelor-/Masterstudiengang
Hochschule Mannheim/Pädagogische Hochschule Heidelberg	Elektro- und Informationstechnik für das höhere Lehramt an beruflichen Schulen (Ingenieur-Pädagogik)	Keine Differenzierung zwischen ET/IT	Bachelor-/Masterstudiengang
Hochschule Offenburg/Pädagogische Hochschule Freiburg	Bachelor: Elektrotechnik/Informationstechnik plus (Lehramt) Master: Berufliche Bildung Elektrotechnik/Informationstechnik	Keine Differenzierung zwischen ET/IT	Bachelor-/Masterstudiengang
TU Berlin	Informationstechnik (Lehramt an beruflichen Schulen)	Berufliche Fachrichtung Informationstechnik	Bachelor-/Masterstudiengang
	Q-Master	Große berufliche Fachrichtung Elektrotechnik mit der kleinen beruflichen Fachrichtung Informationstechnik	Masterstudiengang

(Fortsetzung Tabelle 1)

Standort	Studiengangsbezeichnung	Verankerung BFR IT	Studiengangskonzept
TU Darmstadt	Gewerblich-technische Bildung – Elektrotechnik und Informationstechnik	Wahlpflichtbereich: Energie- und Automatisierung oder Informations- und Kommunikationstechnik	Bachelor-/Masterstudiengang
TU Dresden	Berufliche Fachrichtung Elektrotechnik und Informationstechnik – Höheres Lehramt an berufsbildenden Schulen	Vertiefungsrichtung im Bereich der Informationstechnik	Staatsexamensstudiengang (300 LP)
TU München	Berufliche Bildung Fachrichtung Elektrotechnik und Informationstechnik (Lehramt an beruflichen Schulen)	Keine Differenzierung zwischen ET/IT	Bachelor-/Masterstudiengang
Universität Hamburg/Technische Universität Hamburg	Lehramt Elektrotechnik/Informationstechnik	Keine Differenzierung zwischen ET/IT	Bachelor-/Masterstudiengang
Universität Bremen	Lehramt an beruflichen Schulen (Master of Education)	Berufliche Fachrichtung Informationstechnik	Masterstudiengang
Universität Magdeburg	Bachelor: Berufsbildung – Profil Ingenieurpädagogik und Wirtschaftspädagogik Master: Lehramt an berufsbildenden Schulen	Berufliche Fachrichtung Informationstechnik	Bachelor-/Masterstudiengang
Universität Paderborn	Lehramt an Berufskollegs	Große berufliche Fachrichtung Elektrotechnik mit der kleinen beruflichen Fachrichtung Informationstechnik	Masterstudiengang
Universität Rostock	Bachelor/Master of Education – Berufspädagogik	Berufliche Fachrichtung Informationstechnik	Bachelor-/Masterstudiengang

## Lehrkräftehandeln im Bezugsfeld

Studierende der beruflichen Fachrichtung Informationstechnik/Informatik verfolgen in aller Regel vorrangig das Ziel, Lehrkraft an einer beruflichen Schule zu werden. Aber auch Tätigkeiten außerhalb der Schule sind nach einem solchen Studium realisierbar. So können Absolvent:innen ebenfalls in der beruflichen Aus- und Weiterbildung tätig sein oder ihre Kompetenzen im Bereich des Personalwesens einbringen.

Primär bereiten die Studiengänge einer beruflichen Fachrichtung aber auf eine Tätigkeit als Lehrkraft vor. Das Lehrkräftehandeln lässt sich auf drei Ebenen systematisieren. Auf der Mikroebene geht es um die Planung, Durchführung und Evalua-

tion von Unterricht in informationstechnischen Lernfeldern und Unterrichtsfächern in allen Schularten und allen Bildungsgängen an beruflichen Schulen. Informationstechnische Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten werden in der Berufsvorbereitung, der Berufsschule, der Berufsfachschule, der Fachoberschule, der Berufsoberschule, dem beruflichen Gymnasium und der Fachschule bei Lernenden entwickelt. In der Berufsschule ist dies nicht nur begrenzt auf die vier IT-Ausbildungsberufe, sondern es könnten genauso Lernfelder, wie das Lernfeld 4 der Elektroberufe „Informationstechnische Systeme bereitstellen“, mit übernommen werden. Eine der großen Herausforderungen im Planungshandeln ist der Umgang mit Heterogenität. Die Lerngruppen in IT-Ausbildungsberufen sind sowohl altersheterogen (von Lernenden direkt nach dem Schulabschluss bis zu Studienabbrecher:innen sowie Umschüler:innen) als auch leistungsheterogen. Behinderungsbedingte Heterogenität tritt beispielsweise durch die Inklusion von autistischen sowie körperlich eingeschränkten Lernenden auf. Durch differenzierte Vorgehensweisen im Unterricht wird es allen Lernenden ermöglicht, einen Lernerfolg zu erlangen.

Auf der Mesoebene des Lehrkräftehandelns wird in Bildungsgangteams ein schulinternes Curriculum für die Umsetzung des Lernfeldkonzeptes erarbeitet sowie die Umsetzung der weiteren Bildungsgänge gestaltet. Weiterhin übernehmen IT-Lehrkräfte vielerlei Aufgaben der Schulentwicklung, bei denen ihre Expertise vonnöten ist. Dazu gehören beispielsweise das Aufsetzen und Betreuen von Lernplattformen, des Schul- und Verwaltungsnetzes und des (W)Lan-Netzes der Schule sowie des Webauftritts. Auf der Makroebene arbeiten nur wenige Lehrkräfte in Expertenkommissionen an der Erarbeitung der Rahmenlehrpläne mit.

## Beruflicher Unterricht in der Informationstechnik/Informatik

Als Kernaufgabe einer Lehrkraft mit der Facultas „Informationstechnik“ lässt sich die Übernahme von Aufgaben bei den vier IT-Ausbildungsberufen ableiten. Die Planung, Durchführung und Evaluation von Unterricht, die Erarbeitung von schulinternen Curricula, die Gestaltung der Lernortkooperation, das Prüfungswesen und weitere Aufgaben für die vier dualen IT-Ausbildungsberufe „Fachinformatiker/-in“, „IT-System-Elektroniker/-in“, „IT-System-Kaufmann/-frau“ sowie „Informatikkaufmann/-frau“ stehen dabei im Mittelpunkt. Streng genommen könnten die beiden Ausprägungen des Ausbildungsberufes „Fachinformatiker/-in“ – die beiden Fachrichtungen „Anwendungsentwicklung“ und „Systemintegration“ – eher als zwei verschiedene Berufe bewertet werden, da die Ersteren als „Programmierer“ und die Zweiten als „Administratoren“ ein stark divergierendes berufliches Aufgabenspektrum zu bewältigen haben. Absolvent:innen des Ausbildungsberufes „IT-Systemelektroniker/-in“ sind Elektrofachkräfte und können daher elektrotechnische Arbeiten ausführen. IT-Fachkräfte informieren und beraten Kunden bei der Anschaffung von IT-Produkten. Sie realisieren kundenspezifische Informations- und Kommunikationslösungen oder passen diese an. Das Beschaffen von Hard- und Software, das Vernetzen von Hard- und Softwarekomponenten zu komplexen Systemen, das Entwi-



ckeln und Programmieren von kundenspezifischen Softwareanwendungen, die Projektplanung, Schulungen, die Fehlerdiagnose, die Systemdokumentation, das Durchführen von Werbemaßnahmen sowie das Installieren von IT-Systemen gehören ebenfalls zum Aufgabenbereich. Dazu ermitteln sie deren Anforderungen und stellen passende Angebote zusammen. IT-Systemelektroniker:innen richten zusätzlich noch die Stromversorgung der IT-Systeme ein und müssen daher Elektrofachkräfte sein.

Lehrkräfte der beruflichen Fachrichtung Informationstechnik unterrichten auch in weiteren informationstechnischen Bildungsgängen. Affine Berufsprofile weisen die Ausbildungsberufe „Informationselektroniker/-in“, „Mathematisch/technische/-r Softwareentwickler/-in“, „Elektroniker/-in für Informations- und Systemtechnik“ und „Mikrotechnologe/Mikrotechnologin“ auf.

In der Berufsfachschule an berufsbildenden Schulen werden Assistent:innen mit folgenden informationstechnischen Berufsprofilen ausgebildet (vgl. DQR 2013, Auswahl):

- Staatlich geprüfter Assistent für Wirtschaftsinformatik/Staatlich geprüfte Assistentin für Wirtschaftsinformatik
- Staatlich geprüfter elektrotechnischer Assistent/Staatlich geprüfte elektrotechnische Assistentin – Elektrotechnik und Datentechnik
- Staatlich geprüfter Informatiker/Staatlich geprüfte Informatikerin
- Staatlich geprüfter informationstechnischer Assistent/Staatlich geprüfte informationstechnische Assistentin
  - Automatisierungs- und Computertechnik
  - Informations- und Kommunikationstechnik
  - Informations- und Netzwerksystemtechnik
  - Informations- und Telekommunikationstechnische Systeme
  - Informationsverarbeitung – Technik
  - Interaktive Animation
  - IT-Systeme
  - Medieninformation
  - Technische Informatik
  - Wirtschaftsinformatik
- Staatlich geprüfter kaufmännischer Assistent/Staatlich geprüfte kaufmännische Assistentin
  - Informationsverarbeitung
  - Informationsverarbeitung und Wirtschaftsinformatik
- Staatlich geprüfter mathematisch-technischer Assistent/Staatlich geprüfte mathematisch-technische Assistentin
  - Wirtschaftswissenschaft und Wirtschaftsinformatik
- Staatlich geprüfter Technischer Assistent für Betriebsinformatik/Staatlich geprüfte Technische Assistentin für Betriebsinformatik
- Staatlich geprüfter Technischer Assistent für Informatik/Staatlich geprüfte Technische Assistentin für Informatik

Da die Bildungsgänge in Vollzeit an staatlichen oder privaten (staatlich anerkannten) Berufsfachschulen und Berufskollegs stattfinden und nach landesrechtlichen Regelungen durchgeführt werden, sind die Curricula heterogen. Neben dem theoretischen und fachpraktischen Unterricht umfasst die Ausbildung allgemeinbildende Fächer. Zusätzlich ist in der Regel ein Betriebspraktikum zu absolvieren.

Im berufsbezogenen Unterricht wird in den vielen weiteren Bildungsgängen informationstechnischer bzw. informatischer Unterricht gegeben.

## **Stärkung der beruflichen Fachrichtung Informationstechnik/Informatik**

Die bisherigen Ausführungen haben verdeutlicht, dass hinsichtlich einer einheitlichen und qualitätsorientierten Lehrkräfteausbildung ein Handlungsbedarf bezüglich einer Stärkung der beruflichen Fachrichtung Informationstechnik/Informatik resümiert werden kann. Eine fachlich ausgewiesene Organisationseinheit „Didaktik der beruflichen Fachrichtung Informationstechnik/Informatik“ kann als universitäres Lehr- und Forschungsgebiet vielfältige Aufgaben übernehmen. Als engere Aufgabengebiete können die Analyse und Gestaltung des Praxisfeldes „Lehrkräftehandeln in der Informationstechnik“ und die Analyse und Transformation des Praxisfeldes „Betrieb und Arbeit in der Informationstechnik“ sowie die Curriculumentwicklung für einen Studiengang in der beruflichen Fachrichtung Informationstechnik unter Berücksichtigung vorhandener Bezugsdisziplinen bzw. die Konzeption eigenständiger Lehrangebote in einer beruflichen Fachrichtung Informationstechnik angesehen werden. In einer weiteren Perspektive widmet sich ein solches Fachgebiet nicht nur den Ansprüchen der Unterrichtspraxis, sondern auch der der Aus- und Weiterbildungspraxis. Die Auseinandersetzung mit den weiteren außerunterrichtlichen Tätigkeitsfeldern, beispielsweise das Thema „Lernplattformen“, kann Gegenstand wissenschaftlicher Betrachtungen sein. Als Forschungsgebiet stellt sich ein Fachgebiet „Didaktik der beruflichen Fachrichtungen Informationstechnik/Informatik“ unterschiedlichsten Fragestellungen u. a. in den obigen Kontexten und kann dadurch Antworten auf die derzeitigen Fragen zur Digitalisierung und Wirtschaft 4.0 geben.

## **Ausblick**

Der Beitrag soll aus verschiedenen Perspektiven verdeutlichen, dass es nun Zeit geworden ist, die berufliche Fachrichtung Informationstechnik/Informatik und deren Didaktik als ein eigenständiges Profil innerhalb der Lehramtsausbildung für berufliche Schulen anzuerkennen. Dies hat zur Folge, dass ein Emanzipationsprozess angestoßen werden sollte, der zum Ziel hat, die berufliche Fachrichtung Informationstechnik/Informatik aus der historischen Nähe zu Studiengangskonzepten der Elektrotechnik zu bringen. Sie sollte auch nicht nur Vertiefungsbereich oder „kleine

berufliche Fachrichtung“ sein. An den beruflichen Schulen werden Lehrkräfte benötigt, die in der vollen Breite für die „Systemintegration“ und die „Anwendungsentwicklung“ ausgebildet wurden und darüber hinaus auch noch Kompetenzen aus den Bereichen betriebswirtschaftlicher Grundlagen und elektrotechnischer Grundlagen besitzen. Aber nicht nur gut ausgebildete Lehrkräfte sind das Ziel dieses Emanzipationsprozesses; die Etablierung von eigenständigen Forschungseinheiten im Forschungsfeld der beruflichen Fachrichtung Informationstechnik/Informatik kann beispielsweise zu den Schlagworten von Industrie 4.0 und Digitalisierung gestaltungsorientierte sowie gesellschafts- und wirtschaftsrelevante Forschungsfragen stellen und beantworten.

## Literatur

- Bruderer, H. (2018). *Meilensteine der Rechentechnik*. München: Oldenbourg.
- Deutscher Qualifikationsrahmen (DQR) (2013). *Handbuch zum Deutschen Qualifikationsrahmen*. Verfügbar unter [http://www.dqr.de/media/content/DQR\\_Handbuch\\_01\\_08\\_2013.pdf](http://www.dqr.de/media/content/DQR_Handbuch_01_08_2013.pdf) (Zugriff am: 21.10.2019).
- Herkner, V. (2010). Berufspädagogische Wurzeln und Entwicklungen der beruflichen Fachrichtungen. In J.-P. Pahl & V. Herkner (Hg.), *Handbuch Berufliche Fachrichtungen*, S. 35–56. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (1973). *Rahmenvereinbarung über die Ausbildung und Prüfung für das Lehramt mit Schwerpunkt Sekundarstufe II – Lehrbefähigung für Fachrichtungen des beruflichen Schulwesens – Beschluß der Kultusministerkonferenz vom 5. Oktober 1973*.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2008/2017). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 12.10.2017), Berufliche Fachrichtung Informationstechnik*. S. 100–102. Verfügbar unter [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2008/2008\\_10\\_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf) (Zugriff am: 21.10.2019).
- Kultusministerkonferenz (KMK) (1995/2007/2018). *Rahmenvereinbarung über die Ausbildung und Prüfung für ein Lehramt der Sekundarstufe II (berufliche Fächer) oder für die beruflichen Schulen (Lehramtstyp 5) (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 12.05.1995 i. d. F. vom 13.09.2018)*. Verfügbar unter [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/1995/1995\\_05\\_12-RV-Lehramtstyp-5.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/1995/1995_05_12-RV-Lehramtstyp-5.pdf) (Zugriff am: 21.10.2019).
- Lange, C. (2006). Entwicklung und Stand der Disziplinen Wirtschaftsinformatik und Information Systems. *ICB-Report*, No. 4. Universität Duisburg-Essen.
- Petersen, A. W. (2010). Berufliche Fachrichtung Informationstechnik. In J.-P. Pahl & V. Herkner (Hg.), *Handbuch Berufliche Fachrichtungen*, S. 430–446. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Studienstandorte der beruflichen Fachrichtung Informationstechnik . . . . .	168
--------	---	-----

## Autor



Prof. Dr. Axel Grimm, Hochschullehrer am Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat) der Europa-Universität Flensburg für die beruflichen Fachrichtungen Elektrotechnik und Informationstechnik und ihre Didaktiken,  
[axel.grimm@biat.uni-flensburg.de](mailto:axel.grimm@biat.uni-flensburg.de)

# Data Science und Big Data in der beruflichen Bildung: Konzeption und Erprobung eines Projektkurses für die Sekundarstufe II

SIMONE OPEL, MICHAEL SCHLICHTIG<sup>1</sup>

## Abstract

Die Themen „Big Data“, „Künstliche Intelligenz und „Data Science“ werden seit einiger Zeit nicht nur in der breiten Öffentlichkeit kontrovers diskutiert, sondern stellen für die Ausbildung in den IT- und IT-nahen Berufen schon heute neue Herausforderungen dar, die in Zukunft durch die gesellschaftliche und technologische Weiterentwicklung hin zu einer Datengesellschaft noch größer werden.

An dieser Stelle stellt sich die Frage, welche Aspekte dieses großen Themenkomplexes für Schule und Ausbildung von Wichtigkeit sind und wie diese Themen sinnstiftend und gewinnbringend in die informatische Ausbildung in verschiedenen Bildungsgängen integriert werden können. Im Rahmen des von uns im Jahr 2017 organisierten Symposiums zum Thema „Data Science“ wurden für die Bildung relevante Aspekte erörtert, wodurch als Kernelemente für den Unterricht Algorithmen der Künstlichen Intelligenz und ihre Anwendung in Industrie und Gesellschaft, Explorationen von Big Data sowie der Umgang mit eigenen Daten in sozialen Netzwerken herausgearbeitet wurden. Ziel ist, aus diesen Themenbereichen sowohl ein umfassendes Curriculum als auch Module für verschiedene Unterrichtsszenarien zu entwickeln und zu erproben. Durch diese Materialien soll es Lehrkräften aus der Informatik, Mathematik oder Technik ermöglicht werden, diese Themen auf Basis des Curriculums und der erprobten Unterrichtskonzepte selbst zu unterrichten.

Hierfür wurde im Rahmen des Projekts ProDaBi (Projekt Data Science und Big Data in der Schule, <https://www.prodabi.de>), initiiert von der Telekom Stiftung, ein experimenteller Projektkurs entwickelt, den wir mit Schüler:innen der Sekundarstufe II an der Universität Paderborn im Schuljahr 2018/19 durchführten. Dieser Kurs enthält neben einem Modul zur Exploration von Big Data und einem weiteren Modul zum Maschinellen Lernen als Teil der Künstlichen Intelligenz auch eine Projektphase, die es in Zusammenarbeit mit lokalen Unternehmen den Schüler:innen ermöglicht, das Erlernte in ein reales Data Science-Projekt einzubringen. Aus den Erfahrungen dieses Projektkurses sowie den parallel durchgeführten Erprobungen einzelner Bausteine auch mit beruflichen Schulen werden ab dem Schuljahr 2019/20 die hierfür verwendeten Materialien weiterentwickelt und weiteren Koopera-

---

1 Weitere Projektbeteiligte: Rolf Biehler, Carsten Schulte, Lea Budde, Daniel Frischemeier, Susanne Podworny und Thomas Wassong

tionspartnern zur Erprobung zur Verfügung gestellt. Damit wurden zum Ende des Projekts nicht nur vollständige Unterrichtsmaterialien, sondern auch ein umfassendes Curriculum entwickelt.

The topics "Big Data", "Artificial Intelligence" and "Data Science" are controversially discussed among the general public, but they present new challenges for training in IT and IT-related professions. These challenges will become more important in the future as a result of further social and technological development towards a data society.

At this point, the question arises as to which aspects of this large complex of topics are important for school and education, and how these topics can be integrated in a meaningful and profitable way into informatics education in vocational education. In 2017, we organized a symposium towards the topic "Data Science" and discussed relevant aspects for general and vocational education. Algorithms of artificial intelligence and their application in industry and society, explorations of Big Data as well as the handling of one's own data in social networks were worked out as core elements for teaching. For this reason, our aim is to develop a comprehensive curriculum on this topic from these subject areas and to develop and test modules for various teaching scenarios in order to enable teachers from computer science, mathematics or technology to teach these topics themselves.

For this purpose, an experimental project course was developed within the framework of the ProDaBi project (Project Data Science and Big Data at School, <https://www.prodabi.de>), which we conducted with students from upper secondary classes at the University of Paderborn in the school year 2018/19. In this course we try to address all these aspects. This course consists of several modules: One module has been designed to teach the exploration of Big Data. Another module encompasses aspects of machine learning as part of artificial intelligence. The course concludes in a project phase which, in cooperation with local companies, will enable the students to apply what they have learned into a real Data Science project. Based on the experiences of this project course and the parallel testing of individual modules with vocational schools, we will further develop the material and make it available to other cooperation partners for testing, so that not only complete teaching materials but also a comprehensive curriculum will have been developed until the end of the project.

## 1 Einleitung

*Data Science* sowie Fragen zu Maschinellem Lernen (ML) und Künstlicher Intelligenz (KI) werden im industriellen und gewerblichen Bereich intensiv diskutiert und dort auch inzwischen in großem Maß in verschiedene Systeme implementiert. In der Folge nimmt auch die gesellschaftliche Diskussion über die Funktion, den Nutzen und die Gefahren, die mit derartigen Systemen in Zusammenhang stehen,

inzwischen einen breiten Raum ein. Auch die Auswirkungen auf die zukünftige Entwicklung der verschiedenen Berufsbilder sind zum aktuellen Zeitpunkt nur begrenzt abzusehen – welche Kompetenzen wird eine Fachkraft in der Zukunft aus dem Bereich Data Science benötigen, wie ändert sich der Umgang mit Technologie und auf welche Weise kann dies in der Aus- und Fortbildung berücksichtigt werden? Alle diese Fragen können im Moment noch nicht umfassend beantwortet werden – umso wichtiger erscheint es uns, dass möglichst viele Kinder und Jugendliche neben einer fundamentalen Ausbildung in Informatik eine grundlegende Übersicht über die Anforderungen und Ideen im Kontext von Data Science und Künstlicher Intelligenz erhalten.

Es erscheint uns daher wichtig, ein modulares Konzept zu entwickeln, wie diese Themen in den Unterricht der Sekundarstufe II verschiedener Schularten integriert werden können. Dabei stellt sich immer wieder die Frage, wie derartige Bildungsprozesse gestaltet werden sollten und welche Themenbereiche vermittelt werden müssen, um den Schüler:innen einerseits einen umfassenden Einblick in die Thematik von *Data Science* und *Künstlicher Intelligenz* zu ermöglichen und andererseits den zukünftigen Herausforderungen, die hiermit verbunden sind, gerecht werden zu können.

Um diese Fragen sukzessive beantworten zu können, erarbeiteten wir auf Basis curricularer Ideen während eines von uns veranstalteten internationalen Symposiums<sup>2</sup> (Biehler, et al., 2018) aus der Informatik und Mathematik einen ersten Entwurf eines Curriculums für die Sekundarstufe II und überführten diesen in ein konkretes Unterrichtskonzept, das im Schuljahr 2018/19 im Rahmen des von der Deutsche Telekom Stiftung ermöglichten Projekts „ProDaBi – Projekt Data Science und Big Data in der Schule“<sup>3</sup> mit einem Oberstufenkurs erprobt wurde.

Im Rahmen dieses Artikels stellen wir die Konzeption dieses Kurses und erste Erfahrungen hieraus vor – insbesondere aus der Durchführung der Module aus dem Bereich Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen.

## 2 Data Science und berufliche Bildung

Data Science, Maschinelles Lernen und der Umgang mit Big Data ergeben ein sehr umfassendes Feld, das über technische und wissenschaftliche Aspekte weit hinausgeht und auch ethische, gesellschaftliche und soziale Auswirkungen in sich trägt. Dies führt zu einer Komplexität des Feldes, die nur durch eine interdisziplinäre Sicht und durch die Betrachtung der Auswirkungen auf Individuen und die Gesellschaft greifbar wird.

---

2 „Perspectives for data science education at school level – Educational contributions from statistics, computer science and sociocultural studies“; <https://go.upb.de/SymposiumProDaBi>

3 Projektwebseite: <https://www.prodabi.de>

## 2.1 Data Science als interdisziplinäres Feld

Daraus folgt, dass Data Science nicht einem Bereich der Wissenschaft zugeordnet werden kann, sondern Wissen, Verfahren und Techniken aus verschiedenen Bereichen nutzt. Zur Erhebung und Auswertung der Daten finden insbesondere Methoden der Statistik Anwendung. Die weitere Umsetzung in Maschinelles Lernen als Teilbereich der Künstlichen Intelligenz findet dagegen durch Methoden der Informatik statt. Damit stehen diese beiden Bereiche im Kern des geplanten Curriculums und der entwickelten Unterrichtsmodule:

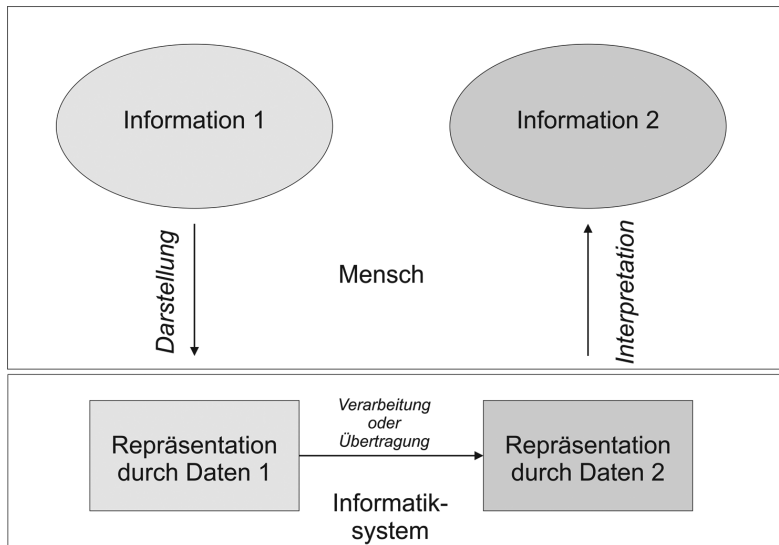
- Im Bereich der *Informatikdidaktik* stellt die Unterstützung der Lernenden bei der Entwicklung von *Computational Thinking* eine große Herausforderung dar (vgl. Tedre & Denning 2016), eine weitere kann in den verschiedenen Bereichen der *Mensch-Maschine-Interaktion* und ihren Auswirkungen auf die Gesellschaft verortet werden – und dies betrifft auch den Umgang mit Big Data sowie die Methoden und Auswirkungen von Data Science (vgl. Sentance, Barendsen & Schulte 2018).
- Im Bereich der *Statistikdidaktik* erscheint es sinnvoll, die fundamentalen Ideen der Statistik (Burrill & Biehler 2011) um verschiedene Aspekte der *statistischen Kompetenz* (vgl. Engel, Erickson & Martignon 2018 oder Ridgway 2016) zu erweitern, um so auf diesen curricularen Konzepten im Umgang mit Big Data und Verfahren des Data Mining aufzubauen.

## 2.2 Daten als strukturgebende Komponente

Betrachtet man die Erkenntnisse des von uns durchgeführten Symposiums (vgl. Abschnitt 1) und vergleicht sie mit dem Vorgehen beim Umgang mit unterschiedlichen Fragestellungen in der praktischen Informatik, so erkennt man sehr schnell, dass bei den Verfahren im Bereich der Data Science nicht klassisch algorithmische Strukturen sowie deren (algorithmische) Modellierung und Implementierung im Vordergrund stehen, sondern der Umgang mit *Daten* den Kern des Handelns darstellt. Die Komplexität der Fragestellungen wird damit nicht nur durch die eingesetzten Algorithmen bestimmt, sondern wird in hohem Maße durch die Daten und die in ihnen implizit und explizit enthaltenen Informationen beschrieben.

Zunächst ist es jedoch wichtig, ein gemeinsames Verständnis zu entwickeln, was Daten überhaupt sind (zur Wichtigkeit gemeinsamer Begriffsbildung vgl. auch die Darstellung des „Netherlands Institute for Curriculum Development“ nach Thijs & van den Akker 2009). Nach der Definition der GI-Empfehlungen zu den Bildungsstandards in der Sekundarstufe (vgl. Gesellschaft für Informatik (GI) e. V. 2008 und Brinda, Puhlmann & Schulte 2009) sind „*Daten eine Darstellung von Information in formalisierter Art [...]. Daten werden wieder zu Information, wenn sie in einem Bedeutungskontext interpretiert werden*“ (Röhner, Brinda, Denke et al. 2016, S. 9). Somit kann ein Informatiksystem nur Daten verarbeiten und darstellen. Die darin enthaltene Information kann nur durch Interpretation durch den Menschen gewonnen werden (vgl. Abb. 1).





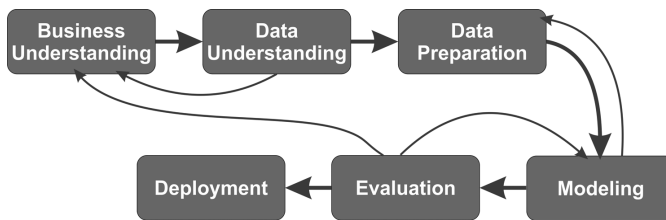
**Abbildung 1:** Definition von Daten und Information der Empfehlungen der GI (2008)

Diese Definition unterstützt nach Bender et al. (2016) eine Sichtweise von Lehrkräften, „dass der Kern der Informatik aus Prozessen besteht, die immer auf Beziehungen zwischen Information und Daten zurückzuführen sind“. Hierbei wird jedoch nicht beachtet, dass „reale“ Daten unterschiedlich strukturiert oder fehlerhaft sein können, sodass sie zunächst für eine automatisierte Verarbeitung vorbereitet werden müssen – eine wichtige Aufgabe, die immer wieder Teil des Arbeitsprozesses im Bereich Big Data ist. Für diese Problemstellungen bietet die Statistikdidaktik sinnvolle Datenkonzepte, die auch Hinweise darauf enthalten, wie ein strukturierter *Datenprozess* aussehen kann. So sind nach Cobb und Moore (1997, S. 801) Daten „nicht nur Zahlen, sie sind Zahlen mit einem Kontext“, definiert durch die vier Charakteristika „Velocity“, „Veracity“, „Variety“ und „Volume“, und dementsprechend müssen sie in konkreten Datenprozessen Schritt für Schritt aufbereitet werden.

### 2.3 Datenprozessmodelle als Handlungsrahmen

Aufgrund dieser Fokussierung auf Daten als strukturgebende Komponente ist ein Ziel der Unterrichtsreihe, dass die Schüler:innen *Datenkompetenz* entwickeln. Ridsdale et al. (2015, S. 3) definieren Datenkompetenz als die prozessorientierte „Fähigkeit, Daten kritisch zu sammeln, zu analysieren, zu bewerten und anzuwenden“. Dies beschreibt einen anscheinend einfachen, linearen Prozess, der einen sinnvollen Ausgangspunkt zur Planung unterrichtlichen Handelns darstellen könnte. Dieses Vorgehen, das dem Wasserfallmodell des Projektmanagements ähnelt, hat sich nicht ohne Grund in der beruflichen Praxis nicht bewährt. Ein Hauptgrund ist dabei, dass sowohl beim Wasserfallmodell als auch bei Ridsdale et al. nicht vorgesehen ist, bei Bedarf nochmals in den vorherigen Schritt zurückzugehen. Durch diese fehlende Möglichkeit zur Rückkopplung sowie zur Korrektur vorheriger Entscheidungen

müssten damit zu Beginn alle Einflussfaktoren und ein vollständiges Wissen über die Daten vorhanden sein – eine Art agiles Lernen aus neuen Erkenntnissen kennt dieses Modell nicht. Aus diesen Gründen war ein anderes Vorgehen zum Bilden eines „roten Fadens“ durch die verschiedenen Bereiche der im Unterricht angesprochenen Aspekte von Data Science zu finden. Für eine hohe Praxisnähe wird ein komplexes, aber dennoch didaktisch reduziertes Vorgehen benötigt, wie es in bestehenden *Datenprozessmodellen* schon teilweise definiert ist. Während der PPDAC-Zyklus<sup>4</sup> der Definition von Ridsdale et al. ähnelt, jedoch nach einer Datenanalyse kaum weitere Anwendung der aufgearbeiteten Daten vorsieht, beschreibt das CRISP-DM-Modell<sup>5</sup> (vgl. Chapman et al. 2000) komplexe Abläufe des Data Minings, die auch bei der Entwicklung von KI-Systemen verwendet werden können. Somit erfüllt dieses Modell (vgl. Abb. 2) unsere Anforderungen, ein Leitgedanke durch alle Module des Data Science-Kurses zu sein.



**Abbildung 2:** Der CRISP-DM-Zyklus als Standard-Prozess für Data Mining

## 2.4 Relevanz sozialer und gesellschaftlicher Aspekte

Die bisherigen Überlegungen drehten sich nur um die technologischen Fragestellungen, die das Thema *Data Science* in sich birgt. Eine ebenfalls große Relevanz besitzen die hieraus resultierenden gesellschaftlichen und sozialen Implikationen, denen ebenfalls ein Teil sowohl des geplanten Curriculums als auch des daraus abgeleiteten Unterrichts gewidmet wird.

Meist werden Diskussionen über gesellschaftliche Aspekte im Informatikunterricht – wenn überhaupt – nur am Ende entkoppelt von den konkreten technischen Fragen der Projekte geführt und sind nicht fest in die Arbeit in Softwareprojekten und Lernaufgaben integriert. Auch eines der wenigen Data Science-Curricula für das schulische Umfeld von Grillenberger und Romeike (2017) stellt die verschiedenen Aspekte von Data Science zwar umfassend, aber im Wesentlichen aus fachwissenschaftlicher Sicht dar. Dies stützt die Annahme, dass Lehrkräfte aus dem Bereich Informatik und IT wohl ähnlich wie schon befragte Chemielehrkräfte gesellschaftliche Fragen für den Unterricht als wenig wichtig ansehen (vgl. Markic et al. 2009 bzw. Driel, Bulte & Verloop 2008). Daher stellt die Frage, wie diese Aspekte integraler Bestandteil des Unterrichtsmaterials werden können, eine wichtige Herausforderung dar.

<sup>4</sup> PPDAC = Problem – Plan – Data – Analysis – Conclusion

<sup>5</sup> CRISP-DM = Cross-Industry Standard Process for Data Mining, *Phasen:* Verstehen der Fragestellung – Verstehen der Daten – Aufbereitung der Daten – Modellbildung – Bewertung des Modells – Einsatz

### 3 Auf dem Weg zum Data Science-Kurs

Vor Beginn der eigentlichen Entwicklung des Data Science-Kurses stand für uns die Frage, ob existierende Curricula oder Data Science-Kurse eine Basis für unsere Entwicklung darstellen könnten. Eine Recherche nach entsprechenden Curricula und Materialien führt zu der Erkenntnis, dass die vielfach vorhandenen hochschulischen Data Science-Curricula (z. B. das EDISON Data Science Framework nach Manieri et al. (2015) oder Demchenko et al. (2016) oder die Curricula von De Veaux et al. (2017) bzw. von Anderson et al. (2014)) nicht für unser Vorhaben einsetzbar waren, da sie neben der durch die hochschulische Ausrichtung bedingten sehr großen Tiefe nur auf technische Aspekte fokussieren und ethische und interdisziplinäre Ansätze weitestgehend außer Acht lassen. Auch in den Curricula der beruflichen Erstausbildung finden sich keine ausgewiesenen Bausteine aus dem Bereich Data Science – auch wenn einige Inhalte durch Lernfelder insbesondere der IT-Berufe abgedeckt sein können. Somit ergab sich die Notwendigkeit, relevante Inhalte selbst zu evaluieren und diese in einsetzbare Materialien weiterzuentwickeln.

Das Auffinden relevanter Informationen aus der Statistik auf der einen Seite sowie die notwendigen Kompetenzen aus dem Bereich des Maschinellen Lernens sowie dem Design Künstlicher Neuronaler Netzwerke auf der anderen Seite gestaltete sich dank der breiten Basis aller analysierten Unterlagen als relativ einfach. Schwieriger erschien zuerst das Einbinden der gesellschaftlichen, sozialen und interdisziplinären Fragestellungen (vgl. Abschnitt 2.4), da hierzu keine ausreichenden empirischen Befunde und Beispiele vorliegen. Daher entschieden wir uns in diesem Projekt den Ansatz des „*Design-Based Research*“ (Cobb & Moore 1997) zu verfolgen: Ausgehend von einem ersten Entwurf eines Data Science-Curriculums als „lokale Theorie“<sup>6</sup> wurde ein Kurs entwickelt, durchgeführt und evaluiert. Aus den Erkenntnissen dieser ersten Durchführung wird im Weiteren der Kurs in mehreren Zyklen weiterentwickelt.

Auf diese Weise entstand die im Folgenden beschriebene Version des Data Science-Kurses, der als sog. „Projektkurs“ in Kooperation mit einem Gymnasium vor Ort während des gesamten Schuljahres 2018/19 durchgeführt und evaluiert wurde, in dieser Form jedoch ohne größere Überarbeitungen auch für Berufsfachschulen einsetzbar wäre.

### 4 Der Data Science-Kurs

Wie in Abschnitt 2.1 dargestellt wurde, stellen die beiden Bereiche „Data Mining und Statistik“ (Erwerb von statistischer Kompetenz) sowie „Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen“ (Informatik) die beiden gut voneinander abgrenzbaren fach-

---

6 *Lokale Theorie*: Eine „lokale Theorie“ verknüpft praktische Erkenntnisse (hier aus vorgelagerten Unterrichtserprobungen im Lehr-Lern-Labor zu einzelnen Aspekten von Data Science) mit theoretischen Grundlagen wie verschiedenen lerntheoretischen Ansätzen und Fachwissenskomponenten.

wissenschaftlichen Inhaltsbereiche dar. Es bot sich daher an, den Kurs in entsprechende Module zu unterteilen, die folgend dem CRISP-DM-Zyklus (vgl. Abschnitt 2.3) aufeinander aufbauend und dennoch ineinandergreifend gestaltet sind. Zum Erwerben der Kompetenz, einfache Data Science Projekte selbst durchzuführen, wurde ergänzend ein reines Projektmodul entwickelt und durchgeführt.

#### 4.1 Modulübersicht

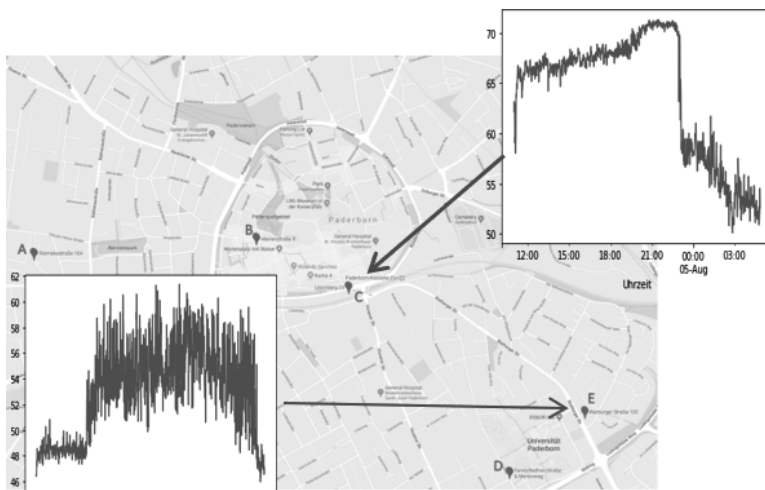
Das Kursdesign besteht in seiner ersten Version aus drei Modulen:

1. *Von Daten zu Informationen:* Dieses Modul ist eine Einführung in Data Science und den Umgang mit Big Data und zielt darauf ab, das statistische Denken zu verbessern und grundlegende Datenkompetenz zu entwickeln. Die Lernenden erwerben die Kompetenz, verschiedene Daten mit dem Ziel der Informationsgewinnung mittels statistischer Methoden auswerten und darstellen zu können. Sie erkennen, wie eine gezielte Aufbereitung und Darstellung von Daten auch zur Beeinflussung von Menschen und zur Bildung von Meinungen dienen kann.
2. *Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen:* Im Rahmen dieses Moduls lernen die Schüler:innen zwei unterschiedliche Methoden kennen, um neue Erkenntnisse unter Verwendung Maschinellen Lernens aus Daten zu gewinnen. Sie lernen exemplarisch Entscheidungsbäume als Vertreter einer Symbolischen KI und Künstliche Neuronale Netze (Back-Propagation-Netze) als typischen Vertreter Subsymbolischer KI (beide als überwachte Lerner) kennen, sie analysieren diese und wenden sie auf eigene Beispiele an. Dabei diskutieren sie an verschiedenen Stellen, welche Auswirkungen der aus der Auswahl der Trainingsdaten resultierende Bias auf den Lernprozess einer KI und deren Entscheidungen hat (vgl. „diskriminierende Algorithmen“) – und damit auch auf die Wahrnehmung derartiger Systeme in der Gesellschaft.
3. *Datenprojekte:* In Zusammenarbeit mit lokalen Partnern können die Schüler:innen ihr bisheriges Wissen einsetzen, um reale Fragestellungen zu bearbeiten. Dabei werden sie motiviert, ihr Vorgehen im Sinne des CRISP-DM-Modells zu planen, um so zu für sie optimalen Ergebnissen zu kommen und diese am Ende den Projektpartnern zu präsentieren und deren gesellschaftliche Implikationen zu diskutieren.

Bei der Entwicklung aller drei Module wurde schon bei der Auswahl der Beispiele und Datengrundlagen auf eine enge Verflechtung der informatischen und mathematischen Inhalte mit gesellschaftlichen und sozialen Aspekten geachtet, um eine mehrdimensionale und interdisziplinäre Sicht auf alle Aspekte der Themen zu erhalten. So wurden ergänzend zu den im Kurs bearbeiteten Anwendungsfällen (Lärmdaten, JIM-Studie, Handschrifterkennung) auch verschiedene Zeitschriften- und Fachartikel über reale Systeme sowie deren soziale und gesellschaftliche Folgen mit den Schülern analysiert und diskutiert.

## 4.2 Modul 1: Von Daten zu Informationen – Datendetektive

Folgend dem CRISP-DM-Zyklus, muss für ein Vorhaben aus dem Bereich Data Science zunächst die Fragestellung verstanden werden („*Business Understanding*“), um entweder sinnvolle Daten zu erheben oder schon gesammelte Daten zu verstehen, („*Data Understanding*“), die dann analysiert und aufbereitet werden („*Data Preparation*“). Inspiriert von diesem Zyklus wird im Modul „Datendetektive“ im ersten von zwei Bausteinen zunächst die Verwendung von großen und offen verfügbaren Datenmengen diskutiert. Anschließend werden mithilfe einer sog. „Sense Box“ (vgl. Wirwahn & Bartoschek 2015) selbst gesammelte „Lärmdaten“ analysiert und mit Jupyter Notebook<sup>7</sup> durch eigene Python-Skripte unter Verwendung freier Bibliotheken (Jones, Oliphant & Peterson 2001) aufbereitet und visualisiert (vgl. Abb. 3). Im zweiten Baustein führen die Schüler:innen eine explorative Datenanalyse unter Verwendung des multivariaten JIM-Datensatzes (vgl. Behrens & Rathgeb 2017) mithilfe des Online-Tools CODAP<sup>8</sup> durch. Sie lernen dabei, grundlegende statistische Konzepte (vgl. Burrill & Biehler 2011) einzusetzen und deren Ergebnisse als Datenplakat zu präsentieren.



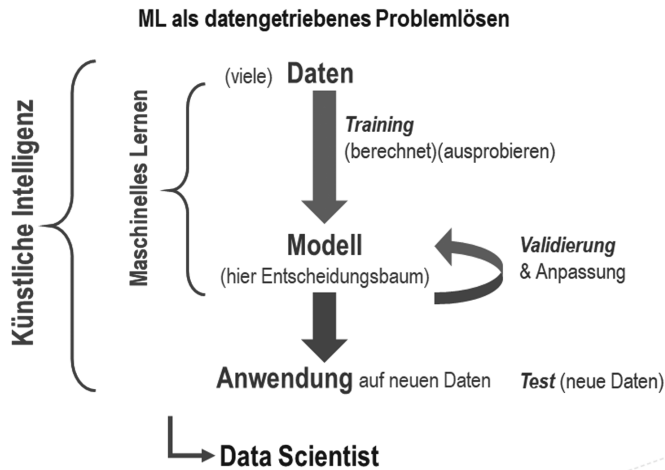
**Abbildung 3:** Von den Schüler:innen unter Verwendung von Python aufbereitete und verschiedenen Standorten zugeordnete Lärmprofile

## 4.3 Modul 2: Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen

Betrachtet man den CRISP-DM-Zyklus weiter, so folgt als nächster Schritt das Bilden eines Modells („*Modeling*“). Hier erkennen die Lernenden die Unterschiede zwischen klassischen algorithmischen Problemlösungsverfahren und datengetriebenen Prozessabläufen am Beispiel des Maschinellen Lernens (vgl. Abb. 4) und können so auch die damit verbundene Rolle des Menschen innerhalb dieser Mensch-Maschine-Interaktion diskutieren und reflektieren.

<sup>7</sup> Jupyter Notebook = interaktive, browserbasierte Umgebung zur Programmierung in u. a. Python; <https://jupyter.org/>

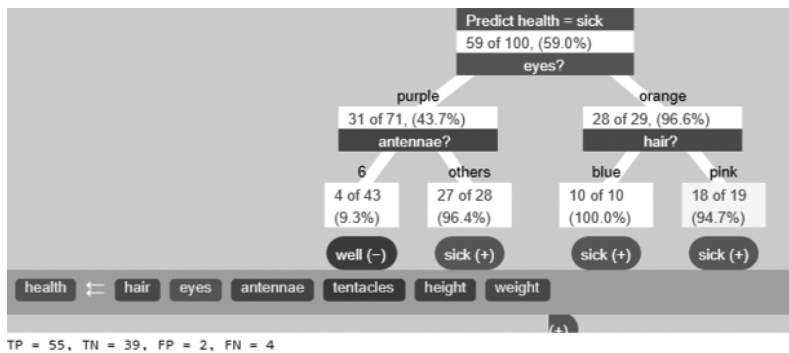
<sup>8</sup> CODAP = Didaktisches Onlinetool zur Datenanalyse; <https://codap.concord.org>



**Abbildung 4:** Im Rahmen des Projektkurses entwickelte Vorgehensbeschreibung zur Entwicklung von KI-Modellen mittels Maschinellen Lernens

Da der Bereich des „Maschinellen Lernens“ zu groß und komplex ist, um umfassend mit Schüler:innen bearbeitet zu werden, wurden im Vorfeld wichtige Verfahren exemplarisch ausgewählt und in zwei Bausteinen mit den Schüler:innen bearbeitet. Bezogen auf die Schritte des CRISP-DM-Modells werden in diesem Modul das „*Modeling*“, die „*Evaluation*“ und ansatzweise auch Aspekte des „*Deployment*“ betrachtet.

Im ersten Baustein erwerben die Schüler:innen unter Verwendung des „Sweet Learning Computers“ (Curzon 2016b), einer Unplugged-Aktivität, ein grundsätzliches Verständnis über Maschinelles Lernen. Auf Basis dieses so erarbeiteten Wissens diskutieren sie über die Grenzen sowie aktuelle und zukünftige Chancen und Risiken dieser Technologien und erkennen zudem, wo in ihrer aktuellen Lebenswelt schon derartige Systeme zu finden sind. Dieses grundsätzliche Verständnis wird im nächsten Schritt durch die Verwendung eines realen Verfahrens erweitert. *Entscheidungsbäume* eignen sich hier besonders, da sie als gut visualisierbare, gerichtete und geordnete Bäume in relativ kurzer Zeit für die Lernenden verständlich sind und auch alle Verfahren zur Erstellung und Optimierung des Baumes sowie das Vorgehen beim anschließenden Klassifizieren anhand der Baumstruktur zumindest im Grundsatz für die Lernenden transparent und erkennbar ist. Als Werkzeug wird hier wieder CODAP verwendet, allerdings mit einem zusätzlichen Plug-In zum Darstellen von Entscheidungsbäumen (vgl. Engel 2017). Durch die auf diese Weise leichte manuelle Erzeugung auch komplexer Bäume gewinnen die Schüler:innen ein gutes Verständnis für die Einflüsse der wichtigsten Parameter wie der Wahl des Splitkriteriums.



**Abbildung 5:** Darstellung eines Entscheidungsbaumes mit CODAP und einem Plug-In

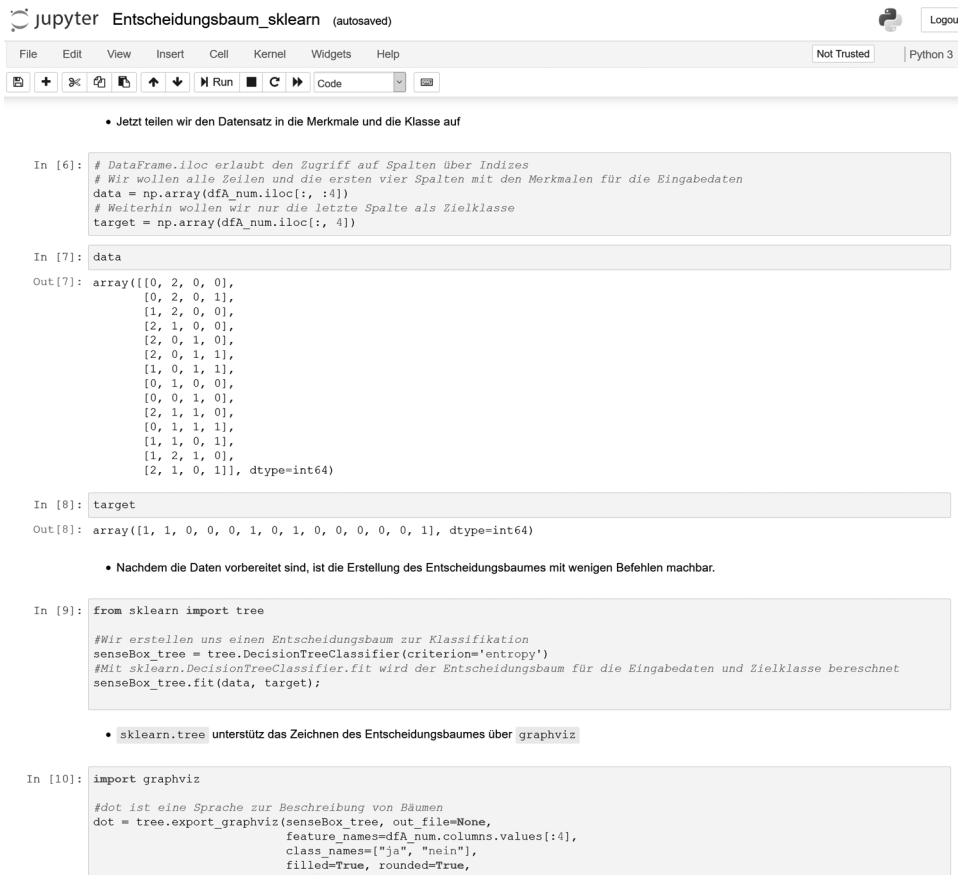
Allerdings stößt dieses Tool sehr bald an seine Grenzen. Insbesondere durch das manuelle Aufbauen des Entscheidungsbaumes kann kaum ein tieferes Verständnis darüber erworben werden, wie Entscheidungsbäume algorithmisch erzeugt und zum automatischen Klassifizieren eingesetzt werden können. Daher setzen die Schüler:innen die theoretischen Inhalte unter Verwendung von Jupyter Notebook, das ihnen aus dem ersten Modul schon vertraut ist, in passende Python-Skripte um. Sie haben hier auch die Möglichkeit, die Passung des entwickelten Baumes durch die Hinzunahme von Validierungsdaten zu überprüfen und anschließend zu optimieren – Verfahren, die in erhöhter Komplexität auch in realen Fragestellungen auf ähnliche Weise eingesetzt werden.

Im darauffolgenden zweiten Baustein werden zunächst in Analogie zur Funktionsweise des Gehirns durch die Unplugged-Aktivität „Brain in a Bag“ (Curzon 2016a) die Grundbegriffe *Künstlicher Neuronaler Netze (KNN)* zusammen mit den Schüler:innen erarbeitet. Durch dieses Spiel, das durch weitere Erläuterungen und theoretische Inhalte ergänzt wird, erkennen die Schüler:innen so die grundlegenden Eigenschaften und Parameter von KNN.

Um diese Erkenntnisse praktisch zu erproben, trainieren sie unter Verwendung des Online-Tools „Playground Tensorflow“<sup>9</sup> Netze für verschiedene Aufgaben und beobachten dabei direkt und grafisch aufbereitet die Auswirkungen ihrer Änderungen an Parametern wie der Anzahl der Eingangs-, versteckten- und Ausgabeneuronen oder an der Übergangsfunktion, außerdem verstehen sie die Bedeutung des Schwellwertes und des Ausgangswertes – alles ohne die Hürde eigener Programmierung (vgl. Abb. 7). Dieses Tool eignet sich daher sehr gut, um damit ein prinzipielles Gefühl für die Funktionsweise von KNN und den Einfluss der verschiedenen, auch theoretisch betrachteten Parameter zu erhalten. Um jedoch die immer noch bis zu einem bestimmten Grad vorhandene „Black Box“ zu eliminieren, erscheint es uns wichtig, selbst eigene KNN zu modellieren, zu trainieren und zu validieren. Hierfür eignen sich die handschriftlichen Ziffern aus der MNIST-Datenbank (vgl. LeCun, Cortes & Burges 1998), die gut als Trainingsdaten für ein eigenes, unter Verwendung

9 Playground Tensorflow = frei explorierbare Onlinevisualisierung von KNN; <https://playground.tensorflow.org>

von Jupyter Notebooks geschriebenen KNN zur Ziffernerkennung dienen können. Da die Ziffern dieser Trainingsdaten der amerikanischen Schreibweise entsprechen, führt eine Validierung durch handgeschriebene Zahlen der Schüler:innen zu eher schlechten Ergebnissen, sodass hier ein Anlass geschaffen wird, unter Einbeziehung der Inhalte des ersten Bausteins die Grenzen und Möglichkeiten verschiedener Ansätze Maschinellen Lernens zu diskutieren.



The screenshot shows a Jupyter Notebook interface with the title 'Entscheidungsbaum\_sklearn (autosaved)'. The notebook contains several code cells. The first cell (In [6]) shows the loading of data from a DataFrame into NumPy arrays. The second cell (In [7]) displays the resulting data array. The third cell (In [8]) shows the target array. The fourth cell (In [9]) shows the import of the sklearn tree module and the training of a decision tree classifier. The fifth cell (In [10]) shows the import of the graphviz module and the export of the decision tree as a graph.

```

In [6]: # DataFrame.iloc erlaubt den Zugriff auf Spalten über Indizes
# Wir wollen alle Zeilen und die ersten vier Spalten mit den Merkmalen für die Eingabedaten
data = np.array(dfa_num.iloc[:, :4])
# Weiterhin wollen wir nur die letzte Spalte als Zielklasse
target = np.array(dfa_num.iloc[:, 4])

In [7]: data
Out[7]: array([[0, 2, 0, 0],
               [0, 2, 0, 1],
               [1, 2, 0, 0],
               [2, 1, 0, 0],
               [2, 0, 1, 0],
               [2, 0, 1, 1],
               [1, 0, 1, 1],
               [0, 1, 0, 0],
               [0, 0, 1, 0],
               [2, 1, 1, 0],
               [0, 1, 1, 1],
               [1, 1, 0, 1],
               [1, 2, 1, 0],
               [2, 1, 0, 1]], dtype=int64)

In [8]: target
Out[8]: array([1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1], dtype=int64)

In [9]: from sklearn import tree

#Wir erstellen uns einen Entscheidungsbaum zur Klassifikation
senseBox_tree = tree.DecisionTreeClassifier(criterion='entropy')
#Mit sklearn.DecisionTreeClassifier.fit wird der Entscheidungsbaum für die Eingabedaten und Zielklasse berechnet
senseBox_tree.fit(data, target);

In [10]: import graphviz

#dot ist eine Sprache zur Beschreibung von Bäumen
dot = tree.export_graphviz(senseBox_tree, out_file=None,
                           feature_names=dfa_num.columns.values[:4],
                           class_names=["ja", "nein"],
                           filled=True, rounded=True,
                           )

```

**Abbildung 6:** Ausschnitt aus einem Python-Notebook zur Vorbereitung eines Datensatzes zur automatisierten Generierung eines Entscheidungsbaumes



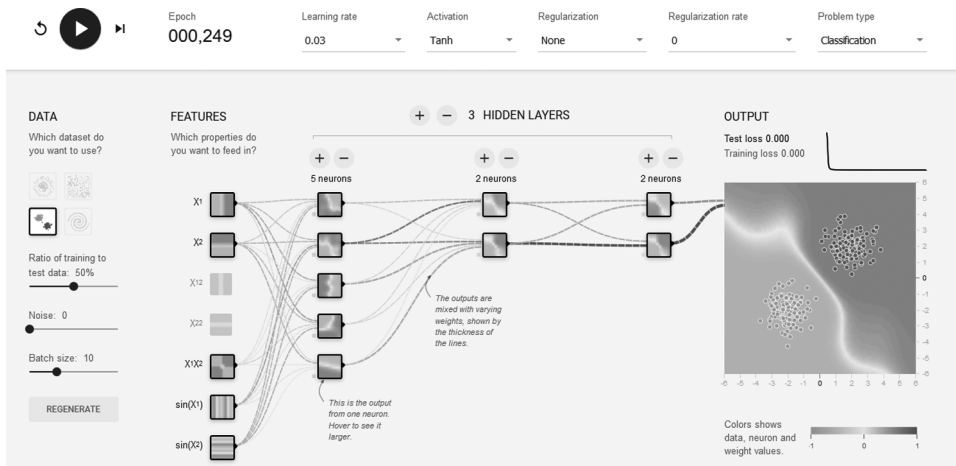


Abbildung 7: Screenshot – Visualisierung eines KNN mit playground.tensorflow.org zur Mustererkennung

#### 4.4 Modul 3: Datenprojekte

Während in den ersten beiden Modulen die Erarbeitung neuen Wissens im Mittelpunkt steht, wird im dritten Modul ein gemeinsames Datenprojekt mit „realen“ Daten und Projektpartnern durchgeführt (insg. zehn Sitzungen). Dabei werden die in den vorherigen Modulen erworbenen Kompetenzen gesichert und vertieft. Die Schüler:innen erhalten den Projektauftrag, aus den Daten des örtlichen Parkleitsystems sowie aus den Bezahlssystemen eines Parkplatzes (Parkscheinautomat) und eines Parkhauses Vorhersagemodelle für die jeweilige Auslastung zu einem zukünftigen Zeitpunkt zu entwickeln und sich hierbei am Projektablauf des CRISP-DM zu orientieren.

Während die ersten Analysen durchaus auch unter Verwendung von Standardsoftware wie Tabellenkalkulationen durchgeführt werden können, ist es für die Bereitstellung der Testdaten sinnvoll, dies durch entsprechende Jupyter Notebooks durchzuführen und dort auch den gewünschten Maschinellen Lerner zu implementieren, wobei es den Lernenden freigestellt ist, ob sie zur Modellierung Entscheidungsbäume oder KNN verwenden.

Ziel dieses Moduls ist, den Schüler:innen zu ermöglichen, erste eigene Erfahrungen mit „Big Data“ in einem Data Science-Projekt zu machen, dabei das in den ersten Modulen erworbene Wissen zu Handlungskompetenz weiterzuentwickeln und im besten Fall Vorhersagemodelle zu entwickeln, die eine sinnvolle Basis für weitere Entwicklungen der Projektpartner darstellen können.

Zur Organisation der Projektarbeit und zur Unterstützung der arbeitsteiligen Arbeit an den Daten steht den Schüler:innen ein GitLab<sup>10</sup> zur Verfügung, das sowohl zur Datenorganisation als auch zur Aufgabenorganisation genutzt werden kann. Die betreuenden Personen fungieren im Rahmen dieses Projekts als Lernbegleiter und kümmern sich um den Kontakt mit den Projektpartnern sowie die interne Kommu-

<sup>10</sup> <https://about.gitlab.com/>

nikation und Organisation, um einen möglichst hohen Lernzuwachs der Schüler:innen auch im Bereich der Projektorganisation zu ermöglichen.

## 5 Erfahrungen der ersten Umsetzung

Die entwickelten Materialien und Unterrichtskonzepte werden im Rahmen eines Projektkurses dreistündig mit zwei Schülerinnen und 17 Schülern der Jahrgangsstufe 12 in Kooperation mit dem Gymnasium Theodorianum in Paderborn im Lehr-Lern-Labor „PIN-Lab“ der Universität Paderborn erprobt (insgesamt 24 Wochen, davon zehn Wochen Projektarbeit). Die Schüler:innen haben alle das Fach Informatik belegt und verfügen daher über grundlegende Programmierkenntnisse mit Java. Die verwendete Programmiersprache Python sowie Jupyter Notebook waren für die Lerngruppe neu – der Einstieg war aber mit etwas Unterstützung gut zu bewältigen. Durch die Größe der Gruppe können die im Folgenden präsentierten Erkenntnisse nicht generalisiert werden, zeigen jedoch erste Hinweise, ob der Kurs an sich auch für andere Gruppen umsetzbar ist.

### 5.1 Erkenntnisse aus Modul 1: Daten und Informationen – Datendetektive

Das erste Modul dient zur Vermittlung von Kompetenzen zur statistischen Exploration, Verarbeitung und Darstellung von Daten (vgl. Abschnitt 4.2). Die Modulabschlusspräsentationen der Schüler:innen zur statistischen Untersuchung von eigenen Fragestellungen anhand des JIM-Datensatzes zeigen ebenso wie verschiedene Diskussionsrunden zu unterschiedlichen Fragestellungen im Verlauf dieses Moduls, dass es den Schüler:innen gelungen ist, ein kritisches Verständnis zu Daten, Informationen und ihrer Visualisierung zu entwickeln. So wurde beispielsweise in den Präsentationen häufig die Größe des verwendeten JIM-Datensatzes kritisch gewürdigt und die damit verbundene geringere Aussagekraft der sich ergebenden kleinen Teilmengen eingeordnet.

Am Ende des Moduls wurde von den Schüler:innen ein Feedback eingeholt. Es zeigt sich, dass die Schüler:innen den Umgang mit den „Lärmdaten“, die mittels der Sense Box gesammelt wurden, als interessanter empfanden als die Auswertung der JIM-Daten, die persönliche Relevanz jedoch in beiden Bausteinen als nicht sehr wichtig erachtet wurde. Bei der weiteren Überarbeitung des Materials und der Fragestellungen ist zu überlegen, wie mit dieser hier berichteten fehlenden Relevanz umgegangen werden kann.

### 5.2 Erkenntnisse aus Modul 2: Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen

In Modul 2 liegt der Schwerpunkt auf der Vermittlung der Grundideen von Maschinellem Lernen und Künstlicher Intelligenz sowie dem Erwerb der Kompetenz zum eigenständigen Programmieren von KI-Modellen (vgl. Abschnitt 4.3).

Die beiden Unplugged-Einheiten haben sich jeweils als guter thematischer Einstieg in den jeweiligen Baustein erwiesen und waren für die Lernenden hilfreich zur Bildung eines ersten Verständnisses des Themenbereichs. Die Schülerrückmeldungen zeigen, dass das angemessene schrittweise Anheben des Schwierigkeitsniveaus bei dem komplexen Themenfeld von Maschinellern und Künstlicher Intelligenz eine Herausforderung darstellt:

Während der „Sweet Learning Computer“ durchweg positiv bewertet wurde, wurden die einfachen Beispiele zum manuellen Erstellen von Entscheidungsbäumen teils als monoton und wenig motivierend empfunden, allerdings fühlten sich bei den komplexeren Inhalten selbst die an sich leistungsstarken Schüler:innen leicht überfordert. Dies betrifft insbesondere die Erarbeitung des Begriffs der Entropie nach Shannon, der für die algorithmische Darstellung von Entscheidungsbäumen benötigt wird. Die hierfür gestaltete Selbstlerneinheit mit den zugehörigen Aspekten der Informationstheorie in Jupyter Notebook hat sich als zu schwierig erwiesen, sodass das Thema stattdessen gemeinsam im Plenum erarbeitet wurde.

Der Einstieg in den zweiten Baustein wurde durch die Unplugged-Einheit „Brain in a Bag“ gestaltet. Auf dieser Basis sowie der im vorigen Baustein erarbeiteten Darstellung (vgl. Abb. 4) zum datengetriebenen Problemlösen durch Maschinelles Lernen wurden Diskussionen zur aktuellen gesellschaftlichen Bedeutung von KI-Systemen geführt, in denen Probleme wie Vorurteile in Trainingsdaten („Diskriminierende Algorithmen“) divers betrachtet und diskutiert wurden. Als Diskussionsgrundlage wurden Zeitungsartikel verwendet. Die Lernenden waren hier bereits in der Lage, sachlich fundiert zu argumentieren. Zentrale Aspekte waren, ob „Lernende Algorithmen“ schlecht sind, wenn sie aufgrund eines Bias der Trainingsdaten vorurteilsbehaftet entscheiden, und wie man mit unerwarteten Klassifizierungsentscheidungen umgehen könne. Darauf basierend stellten die Schüler:innen die Frage in den Raum, „ob überhaupt jemand die moralische Autorität habe, vorzugeben, wie Entscheidungen über Menschen zu treffen sind“. Diese Frage lässt sehr gut die Interdisziplinarität des Themas erkennen – umso wertvoller wäre es, gerade diese Diskussionen nicht nur im Fachunterricht der Informatik zu führen, sondern auch in Fächern wie Deutsch oder Ethik.

Im weiteren Verlauf des Moduls erarbeiteten sich die Schüler:innen, wie sie unter Verwendung von Python und Jupyter Notebook selbst KNN erstellen, trainieren und validieren können. Dass es den Lernenden gelang, ein grundlegendes Verständnis von Maschinellern und KI sowie der Programmierung eines passenden Lernalgorithmus zu erwerben, zeigte sich auch in der Modulabschlusspräsentation, bei der die Schüler:innen in Gruppen die Aufgabe hatten, für den schon bekannten JIM-Datensatz für die beiden vorgestellten Verfahren zum Maschinellen Lernen (Entscheidungsbäume und KNN) je ein Modell zur Vorhersage des Geschlechts des Teilnehmers zu programmieren und zu optimieren und das Ergebnis anschließend zu präsentieren und zu diskutieren. Die Gruppen gingen hier auf viele Aspekte ein, in denen sich die Modellerstellung und Modelle für Entscheidungsbäume und KNN unterscheiden, u. a. schnelleres Training sowie Verständlichkeit von Entscheidungs-

bäumen gegenüber der meist höheren erreichten Genauigkeit der KNN aus Sicht der Schüler:innen. Insgesamt zeigt sich, dass die Schüler:innen in den durchgeführten Unterrichtseinheiten ein Grundverständnis für Konzepte Maschinellen Lernens entwickeln konnten und Fertigkeiten entwickelt haben, eigene KI-Modelle mittels Maschinellen Lernens zu programmieren.

### 5.3 Erkenntnisse aus Modul 3: Datenprojekte

Während in den ersten beiden Modulen die Erarbeitung neuen Wissens im Mittelpunkt stand, wurde das dritte Modul dazu konzipiert, ein gemeinsames Datenprojekt mit „realen“ Daten durchzuführen und dabei die in den vorherigen Modulen erworbenen Kompetenzen zu vertiefen (vgl. Abschnitt 4.4). Im Rahmen einer Kooperation mit zwei lokalen Unternehmen (RTB, Bad Lippspringe<sup>11</sup> sowie ASP, Paderborn<sup>12</sup>) erhielten die Schüler:innen den Auftrag, aus existierenden und laufend weiter aktualisierten Daten des örtlichen Parkleitsystems sowie aus den Bezahlssystemen eines Parkplatzes (Parkscheinautomat) und eines Parkhauses Vorhersagemodelle für die jeweilige Auslastung zu einem zukünftigen Zeitpunkt zu entwickeln, die bei entsprechender Güte auch die Grundlage für verfeinerte Modelle bilden können. Da sich die Daten von Parkhäusern und Parkplätzen grundlegend unterscheiden, wurde die Aufgabe in zwei parallel bearbeitete Projekte aufgeteilt.

Alle Daten lagen den Schüler:innen entweder als unbearbeitete Textdateien vor oder wurden direkt aus einer Datenschnittstelle entnommen. Die Schüler:innen benötigten die ersten Wochen, um – folgend dem CRISP-DM-Prozess – die großen Datenmengen zu sichten, zu verstehen und aufzuarbeiten. Dazu wurden von den Gruppen Jupyter Notebooks entwickelt. Diese erweiterten sie anschließend um die gewünschten Maschinellen Lerner, wobei es den Gruppen freigestellt war, ob sie zur Modellierung Entscheidungsbäume oder KNN verwenden. Die größte Herausforderung stellte hier die strategisch günstige Vorbereitung der Daten und die optimale Auswahl der Konfiguration des Maschinellen Lernalgorithmus dar.

Bei der Abschlusspräsentation konnten beide Gruppen aber nicht nur funktionierende Vorhersagemodelle einschließlich einer sinnvollen Web-GUI für ihre jeweiligen Parkmöglichkeiten an die Projektpartner übergeben, sondern überzeugten auch in der abschließenden Diskussion mit ihrem grundlegenden Verständnis nicht nur über fachliche Problemstellungen, sondern auch durch ihre Fähigkeit, die hierzu gehörenden gesellschaftlichen Fragen fundiert erörtern können.

## 6 Ausblick und Fazit

Im Rahmen dieses Artikels wurde die Entwicklung eines Data Science-Kurses als Umsetzung eines Curriculumentwurfs beschrieben, der in der Sekundarstufe II als ganzjähriger Projektkurs unterrichtet werden kann. Da uns jedoch bewusst ist, dass nicht jede Lehrkraft, die gern dieses Thema in den Unterricht einbinden möchte,

---

<sup>11</sup> Unternehmenswebseite: <https://www.rtb-bl.de/RTB/>

<sup>12</sup> Unternehmenswebseite: <https://www.paderborn.de/microsite/asp/>

dies über ein ganzes Jahr tun kann, planen wir, die Module und Bausteine auf Basis unserer Erfahrungen der ersten Durchführung weiterzuentwickeln, sodass es auch möglich sein wird, nur einen Teil des gesamten Inhaltes durchzuführen – auch beispielsweise unter Verzicht eigener Programmierung. Sobald die Erkenntnisse der aktuellen Durchführung in unsere Materialien eingearbeitet sind, werden diese mit interessierten Lehrkräften unterschiedlicher Schulen erprobt, dabei sukzessive optimiert und anschließend einer breiteren Anzahl von Lehrkräften zur Verfügung gestellt.

Zur Weiterentwicklung des Gesamtkurses im Sinne des DBR wird dieser im nächsten Schuljahr mit der bisherigen Partnerschule in leicht veränderter Form durchgeführt. Da die Schüler:innen einerseits das durch die Modulstruktur bedingte „Vorratslernen“ bemängelten und andererseits durchaus an einigen Stellen Schwierigkeiten hatten, die erlernten Inhalte zielgerichtet auf die Fragestellungen des Projekts anzuwenden, ist geplant, die Theoriephasen derart mit der Arbeit an einem Datenprojekt zu verzahnen, dass die theoretischen Inhalte gezielt während des Projektablaufs eingeplant werden. Zudem sollen die in den verschiedenen Modulen enthaltenen gesellschaftlichen, sozialen und ethischen Fragestellungen nochmals gebündelt in einem zusätzlichen Modul diskutiert und bearbeitet werden, um die Schüler:innen noch mehr mit den darin enthaltenen Fragestellungen vertraut zu machen. Dies erfordert noch konzeptionelle Arbeit, die sich jedoch hoffentlich durch einen höheren Kompetenzgewinn seitens der Schüler:innen bemerkbar machen wird.

Auch wenn wir noch einiges an Entwicklungsarbeit leisten müssen, sind wir davon überzeugt, durch den vorgestellten Data Science-Kurs einen großen Schritt hin zu einem umfassenden Curriculum für diesen sehr komplexen Bereich getan zu haben, sodass wir gespannt auf die nächsten Durchführungen sind.

## Literatur

- Anderson, P., Bowring, J., McCauley, R., Pothering, G. & Starr, C. (2014). An undergraduate degree in data science: curriculum and a decade of implementation experience. *Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education* (S. 145–150). New York: ACM.
- Behrens, P. & Rathgeb, T. (2017). *JIM-Studie 2017 – Jugend, Information, (Multi-)Media, Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland*. Stuttgart: Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest.
- Bender, E., Schaper, N., Caspersen, M. E., Margaritis, M. & Hubwieser, P. (2016). Identifying and formulating teachers' beliefs and motivational orientations for computer science teacher education. *Studies in Higher Education*, 41(11), S. 1958–1973.
- Biehler, R., Budde, L., Frischmeier, D., Heinemann, B., Podworny, S., Schulte, C. & Wasong, T. (2018). *Paderbon Symposium on Data Science Education at School Level 2017: The Collected Extended Abstracts*. Paderborn: Universitätsbibliothek Paderborn.

- Brinda, T., Puhlmann, H. & Schulte, C. (2009). Bridging ICT and CS: educational standards for computer science in lower secondary education. *ACM SIGCSE Bulletin*, 41(3), S. 288–292.
- Burrill, G. & Biehler, R. (2011). Fundamental Statistical Ideas in the School Curriculum and in Training Teachers. *Teaching Statistics in School Mathematics – Challenges for Teaching and Teacher Education: A Joint ICMI/IASE Study: The 18th ICMI Study*, S. 57–69.
- Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C. & Wirth, R. (2000). *Cross Industry Standard Process for Data Mining 1.0, Step-by-step Data Mining Guide*. CRISP-DM consortium.
- Cobb, G. W. & Moore, D. S. (1997). Mathematics, statistics, and teaching. *The American Mathematical Monthly*, 104(9), S. 801–823.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), S. 9–13.
- Curzon, P. (2016a). *Brain in a Bag, A CS4FN Computing Activity*. [https://www.youtube.com/watch?v=lux\\_ybamCIU](https://www.youtube.com/watch?v=lux_ybamCIU) (2.11.2019)
- Curzon, P. (2016b). *The Sweet Learning Computer, A CS4FN Computing Activity*. [www.cs4fn.org/machinelearning](http://www.cs4fn.org/machinelearning) (08.10.2019).
- De Veaux, R. D. et al. (2017). Curriculum guidelines for undergraduate programs in data science. *Annual Review of Statistics and Its Application*, S. 15–30.
- Demchenko, Y., Belloum, A., Los, W., Wiktorski, T., Manieri, A., Brocks, H., Becker, J., Heutelbeck, D., Hemmje, M., Brewer, S. (2016). EDISON Data Science Framework: A Foundation for Building Data Science Profession for Research and Industry. 2016 *IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science (Cloud-Com)*, S. 620–626.
- Driel, J. H., Bulte, A. M. & Verloop, N. (2008). Using the curriculum emphasis concept to investigate teachers' curricular beliefs in the context of educational reform. *Journal of Curriculum Studies*, 40(1), S. 107–122.
- Engel, J. (2017). Statistical literacy for active citizenship: A call for data science education. *Statistics Education Research Journal*, S. 44–49.
- Engel, J., Erickson, T. & Martignon, L. (2018). Teaching and Learning about Tree-based Methods for Exploratory Data Analysis. *Proceedings of the International Conference on Teaching Statistics (ICOTS-10)*.
- Gesellschaft für Informatik (GI) e. V. (2008). Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule: Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I: Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V. erarbeitet vom Arbeitskreis Bildungsstandards. *Beilage zu LOG IN*, 28.
- Grillenberger, A. & Romeike, R. (2017). Key concepts of data management: an empirical approach. In C. Suero Montero & M. Joy (Ed.), *Proceedings of the 17th Koli Calling Conference on Computing Education Research* (S. 30–39). New York, NY, USA: ACM.
- Jones, E., Oliphant, T. & Peterson, P. (2001). *SciPy: Open source scientific tools for Python*. <http://www.scipy.org> (08.10.2019).

- LeCun, Y., Cortes, C. & Burges, C. J. (1998). *MNIST handwritten digit database*. <http://yann.lecun.com/exdb/mnist> (08.10.2019)
- Manieri, A., Brewer, S., Riestra, R., Demchenko, Y., Hemmje, M., Wiktorski, T., Ferrari, T., Frey, J. (2015). Data Science Professional uncovered: How the EDISON Project will contribute to a widely accepted profile for Data Scientists. In IEEE (Ed.), *Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), 2015 IEEE 7th International Conference on CCT*, (S. 588–593).
- Markic, S., Eilks, I., Driel, J. v. & Ralle, B. (2009). Vorstellungen deutscher Chemielehrkräfte über die Bedeutung und Ausrichtung des Chemielernens. *CHEMKON*, 16(2), S. 90–95.
- Ridgway, J. (2016). Implications of the Data Revolution for Statistics Education. *International Statistical Review*, 84(3), S. 528–549.
- Ridsdale, C., Rothwell, J., Smit, M., Ali-Hassan, H., Bliemel, M., Irvine, D., Kelley, D., Matwin, S. Wuetherick, B. (2015). *Strategies and best practices for data literacy education: knowledge synthesis report*. Dalhousie University.
- Röhner, G., Brinda, T., Denke, V., Hellmig, L., Heußner, T., Pasternak, A., Schwill, A., Seifert, M. (2016). Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II. *Beilage zu LOG IN*(183/184).
- Sentance, S., Barendsen, E. & Schulte, C. (2018). *Computer Science Education: Perspectives on Teaching and learning in school*. London: Bloomsbury Academic.
- Tedre, M. & Denning, P. J. (2016). The Long Quest for Computational Thinking. (ACM, Ed.) *Proceedings of the 16th Koli Calling International Conference on Computing Education Research (Koli Calling '16)*, S. 120–129.
- Thijs, A. & van den Akker, J. (2009). *Curriculum in development*. Enschede: SLO - Netherlands Institute for curriculum development.
- Wirwahn, J. A. & Bartoschek, T. (2015). Usability Engineering For Successful Open Citizen Science. *Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G) Conference Proceedings*, 15(1), 54.

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Definition von Daten und Information der Empfehlungen der GI (2008) . . . . .	179
Abb. 2	Der CRISP-DM-Zyklus als Standard-Prozess für Data Mining . . . . .	180
Abb. 3	Von den Schüler:innen unter Verwendung von Python aufbereitete und verschiedenen Standorten zugeordnete Lärmprofile . . . . .	183
Abb. 4	Im Rahmen des Projektkurses entwickelte Vorgehensbeschreibung zur Entwicklung von KI-Modellen mittels Maschinellen Lernens . . . . .	184
Abb. 5	Darstellung eines Entscheidungsbaumes mit CODAP und einem Plug-In . . . . .	185

- Abb. 6      Ausschnitt aus einem Python-Notebook zur Vorbereitung eines Datensatzes zur automatisierten Generierung eines Entscheidungsbaumes ..... 186
- Abb. 7      Screenshot – Visualisierung eines KNN mit playground.tensorflow.org zur Mustererkennung ..... 187

## Autorin und Autor



Simone Opel  
simone.opel@uni-paderborn.de



Michael Schlichtig  
michael.schlichtig@uni-paderborn.de

Fachgruppe Didaktik der Informatik, Universität Paderborn  
Fürstenallee 11, 33102 Paderborn

Weitere Projektbeteiligte:

Rolf Biehler, Carsten Schulte, Lea Budde, Daniel Frischemeier, Susanne Podworny, Thomas Wassong, alle Universität Paderborn,



# Welche informatischen Kenntnisse oder Kompetenzen brauchen Fachkräfte in der gewerblich-technischen Domäne im Zeitalter der Digitalisierung?

TAMARA RIEHLE

## Abstract

Die Digitalisierung und ihre Auswirkungen auf Industrie und Wirtschaft entfalten sich vor allem durch Innovationen der Informatik und der IT. Auch wenn sich der größte Teil der etablierten Berufsbilder aufgrund der fortschreitenden Technologien nicht gänzlich ändern oder gar obsolet werden dürfte, so ist doch von einem partiellen Wandel auszugehen. Geschäfts- und Arbeitsprozesse werden sich v. a. hinsichtlich des Digitalisierungsgrades verändern, etablierte Geschäftsmodelle sind durch Disruption gefährdet und es stellt sich die Frage, inwieweit sich unter diesen Aspekten informatische Inhalte in zukünftigen (Aus-)Bildungsplänen widerspiegeln müssen?

Die Forscher/innen wollen in ihrer Studie der Frage nachgehen, ob bzw. inwieweit zukünftig mehr informatische Themen, sei es in der Allgemeinbildung oder in der gewerblich-technischen Bildung, in den Lehrplan aufgenommen werden müssen, um den Herausforderungen der beruflichen Facharbeit gerecht werden zu können. Der vorliegende Artikel zeigt erste Ergebnisse einer Vorstudie, in der eruiert wurde, welche Themenkomplexe zur Informatik bereits heute in den Lehrplänen der gewerblich-technischen Bildung (implizit) ausgewiesen sind und welche Kenntnisse und Fertigkeiten zur Informatik Verantwortliche in der Industrie in den nächsten Jahren für relevant für eine berufliche Handlungsfähigkeit erachten.

Digitalization and its effects on industry and the economy are developing above all through innovations in computer science and IT. Even if the majority of established professions are not completely changed or even obsolete due to advancing technologies, a partial change is to be expected. Business and work processes will change with regard to the degree of digitization, established business models are at risk due to disruption. The question arises as to how far these aspects have to reflect informatics content in future training plans?

In their study, the researchers want to investigate whether or to what extent more informatics topics, whether in general education or in industrial-technical education, must be included in the curriculum in order to meet the challenges of professional work. The present article presents the first results of a preliminary study which identified the topics of computer science (already implicitly) in the curricula of technical education and which knowledge and skills in the area of computer science in the coming years are relevant for a professional capacity to act.

## Ausgangslage

Die Digitalisierung und ihre Auswirkungen auf Industrie und Wirtschaft entfalten sich vor allem durch Innovationen der Informatik und der Informationstechnik. Geschäfts- und Arbeitsprozesse werden sich vor allem hinsichtlich des Digitalisierungsgrades verändern, etablierte Geschäftsmodelle sind durch Disruption gefährdet. Auch wenn sich der größte Teil der etablierten Berufsbilder aufgrund der fortschreitenden Technologien nicht gänzlich ändern oder gar obsolet werden wird, so ist doch von einem zumindest partiellen Wandel auszugehen. Der Stifterverband prognostizierte 2019 auf seinen Internetseiten dazu: „Spätestens mit der vierten Stufe der Industrialisierung (Industrie 4.0), also der Nutzung von Digitalisierung, Vernetzung und Automatisierung auch in der Wirtschaft, ist der Erwerb informatischer Kompetenzen notwendig geworden“. Diese These wird auf wissenschaftlichen Konferenzen oder Symposien der Industrie und Wirtschaft durchaus kontrovers diskutiert, wobei der Begriff der informatischen Kompetenz mitunter undifferenziert und in sehr unterschiedlichen Kontexten verwendet wird. Ausgehend von dieser These drängen sich für eine Forschungsgruppe der Universität Siegen einige Frage auf, die längerfristig mit einer empirischen Studie geklärt werden sollen.

## Forschungsleitenden Fragen

In dem Forschungsvorhaben soll der Frage nachgegangen werden, ob bzw. welche informatische Qualifikationen Fachkräfte zukünftig benötigen, um den Herausforderungen der sich wandelnden beruflichen Facharbeit gerecht werden zu können. Der Fokus liegt dabei explizit auf dem Qualifizierungsbedarf künftiger Facharbeiter bezüglich der Informatik; untersucht werden soll somit nur ein spezieller Aspekt, der im Zuge der Digitalisierung und der prognostizierten Veränderungen der Berufsprofile diskutiert wird. Damit einhergehend soll auch beleuchtet werden, ob das Fach mit seinen spezifischen Lehrinhalten in der Allgemeinbildung verankert oder in den Kontext der gewerblich-technischen Bildung eingebettet werden sollte.

Forschungsleitende Fragen für die geplante Studie sind:

- Werden Qualifikationen zur Informatik für Fachkräfte im gewerblich-fachlichen Bereich in den nächsten Jahren relevant für eine berufliche Handlungsfähigkeit – wenn ja, welche?
- Welche Themenkomplexe zur Informatik sind bereits heute in den Lehrplänen und Lehrbüchern der gewerblich-technischen Bildung (implizit) ausgewiesen und welche Anknüpfungsmöglichkeiten für neue Lehrinhalte sind gegeben?
- Sind die Lehrinhalte der Allgemeinbildenden Schulen zur Informatik, soweit das Fach in den Schulen unterrichtet wird, ausreichend, oder werden spezifische Qualifikationen in der Beruflichen Bildung benötigt?

## Vorgehen – Methodik

Zur Klärung der Fragen soll sowohl qualitativ wie quantitativ vorgegangen werden. Eine Vorstudie, die die Dokumentenanalyse von Lehrplänen und Lehrbüchern der Allgemeinbildung und von ausgesuchten Berufen sowie eine nicht repräsentative Umfrage umfasste, diente u. a. dazu die Relevanz der Forschungsfragen zu prüfen und Hypothesen für eine quantitative Empirie zu spezifizieren.

Davon ausgehend, dass nahezu die Hälfte der Auszubildenden in den gewerblich-technischen (Industrie-)Berufen einen Mittleren Schulabschluss besitzen, wurden zunächst die Kernlehrpläne für das Fach Informatik des Landes NRW sowie die Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule (GI 2008) analysiert, um die Inhalte der informatischen Bildung zu erfassen. In einem zweiten Schritt folgten dann Dokumentenanalysen des Lehrmaterials und der Rahmenlehrpläne aus dem Bereich der Metall- und Elektrotechnik. Dabei wurde sich in der Vorstudie auf die Lehrpläne für Elektroniker/in für Betriebstechnik und Industriemechaniker/in beschränkt, da diese mit 56 % und 28,4 % die größte Gruppe der Auszubildenden innerhalb ihrer Berufsgruppen darstellen und voraussichtlich von dem prognostizierten (digitalen) Wandel wesentlich betroffen sein werden (vgl. Statista 2018, BIBB 2018).

Die explorative Vorstudie erfolgte, basierend auf leitfadengestützten Interviews, teilweise telefonisch. Dies sollte eine erste Abschätzung ermöglichen, ob bzw. welcher Bildungsbedarf in Bezug auf Informatik von Verantwortlichen und Entscheidungsträgern in der Industrie gesehen wird. Darauf basierend sollen die Forschungshypothesen der geplanten quantitativen Studie entwickelt werden.

Für die nicht repräsentative Studie wurden zum einen Personen aus mittelständischen Betrieben des Maschinen- und Anlagenbaus im Kreis Siegen-Wittgenstein interviewt. Die Befragten bekleideten die folgenden Positionen: Leiter der Gesamtfertigung, Executive Director Produktion und Einkauf, Leiter Digital Solution, Leiter Personal und Verwaltung, Leiter Informationstechnik. Zum anderen wurden zwei Informatiker befragt, die in der Entwicklungsabteilung bekannter Lehrmittelhersteller tätig sind, sowie Mitarbeiter eines Bildungszentrums. Außerdem flossen die Ergebnisse einer Masterabschlussarbeit<sup>1</sup> mit ein, in der Lehrkräfte zu den neuen Lehrinhalten, die sich im Zuge der Novellierung der Ausbildungsrahmenpläne bzw. Rahmenlehrpläne ergaben, und deren Integration in die didaktische Jahresplanung befragt wurden.

---

1 Empirische Studie zur Implikation neuer Lehrinhalte in die didaktische Jahresplanung, bedingt durch die Novellierung der Rahmenlehrpläne in Bezug auf die Digitalisierung (S. Schneider 2019)

## Erste Ergebnisse aus der Vorstudie

In diesem Beitrag sollen im Folgenden die Ergebnisse der Dokumentenanalyse und der Interviews skizziert werden. Diese Ergebnisse wurden erstmals in einem Workshop im Rahmen der BAG-Tagung 2019 vorgestellt und diskutiert, um die forschungsleitenden Fragen zu differenzieren und ggf. weitere Forschungsk Kooperationen (zwischen der Fachdidaktik der Information für die allgemeinbildenden Schulen und der Fachdidaktik der Beruflichen Bildung) zu initiieren.

### Dokumentenanalyse – Lehrinhalte der Allgemeinbildung

Neben der Etablierung von Medienkompetenz als Querschnittsthema wird bundesweit fortwährend über die verpflichtende Verankerung von Informatikunterricht bereits in den allgemeinbildenden Schulen diskutiert. Wie in den meisten anderen Bundesländern ist Informatik in Nordrhein-Westfalen (NRW) weder Pflichtfach in den Sekundarstufen I oder II, noch wird es an allen Schulen als Wahlpflichtfach im Differenzierungsbereich angeboten (vgl. MSB NRW 2018). Kompetenzen, die der Informatik zugeordnet werden, sind zwar im Medienkompetenzrahmen NRW verankert, welcher einen verbindlichen Orientierungsrahmen für schulische Medienkonzepte setzt, können aber allem Anschein nach nur rudimentär realisiert werden, da die Lehrkräfte ohne die Fakultas Informatik dies i. d. R. nicht in voller Tiefe und Breite leisten können. Es ist davon auszugehen, dass sich die Informatik hier auf eine IT-Grundbildung (Computer Literacy) beschränkt. Darüber hinaus dient die Informations- und Kommunikationstechnik zukünftig in allen Fächern als Bildungsmedium, wird selbst aber nicht zum Unterrichtsgegenstand, weshalb über die eigentlichen Medienkompetenzen hinaus keine deutliche Förderung von Informatikkompetenzen abzusehen ist. Unter der Annahme, dass quantitativ und qualitativ eine Erfüllung des Medienkompetenzrahmens erreicht wird, bleiben dennoch viele informatische Inhalte unberücksichtigt. Mit den Themen *Prinzipien der digitalen Welt*, *Algorithmen erkennen*, *Modellieren und Programmieren* (Probleme formalisiert beschreiben, Problemlösestrategien entwickeln) und *Bedeutung von Algorithmen* manifestiert sich eine algorithmische Sicht auf die Informatik. Dies entspricht nicht den Empfehlungen für Bildungsstandards, welche die Informatik in ihrer Breite umfasst und Themen wie beispielsweise *Formale Sprachen* und *Automaten*, *Algorithmen und Datenstrukturen*, *Datenmodellierung und Datenbanksysteme*, *Theorie der Programmiersprachen* und *Softwaretechnik* sowie die Zusammenhänge von Informatik, Mensch und Gesellschaft einschließen.

### Dokumentenanalyse – Lehrinhalte der Beruflichen Bildung

Bei den Inhalten in Lehr- und Ausbildungsplänen zeigt sich ein differenziertes Bild. Die Lehrpläne für Elektroniker/in für Betriebstechnik (vgl. Rahmenlehrplan 2018e) sehen Kenntnisse zur Informationstechnik in verschiedenen Lernfeldern vor. Dazu gehören die Themen:

- Hardware, Betriebssysteme, Standard- und anwendungsspezifische Software,
- Konfigurieren und Parametrieren von Hard- und Softwarekomponenten,

- Konfigurieren von Netzwerken und Bussystemen,
- Installieren und Konfigurieren von IT-Systemen sowie
- Datenschutz und -sicherheit.

In den Lehrplänen zum/r Industriemechaniker/in (vgl. Rahmenlehrplan 2018 m) finden sich nur wenige informatische Inhalte, und die wenigsten sind im weitesten Sinn der Informationstechnik zuzuordnen. Sie beschränken sich auf eine nicht näher spezifizierte IT-Sicherheit und auf die Programmierung von Steuerungen. Dies spiegelt sich auch in den Lehrmitteln wider – der Umfang informatischer Themen ist marginal.

Mit der Novellierung der Ausbildungsrahmenpläne für die Berufsausbildung in den industriellen Metall- und Elektroberufen (vgl. Bundesgesetzblatt 2018e/m) wurde in den Ausbildungsrahmenplänen die Position *Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit* hinzugefügt. Aber auch die neuen Ausbildungsinhalte zielen nicht auf informatische Kenntnisse ab, sondern umfassen überwiegend IT-Grundbildung und Datenlogistik sowie die Entwicklung von Medienkompetenz, v. a. unter dem Aspekt der Nutzung digitaler Werkzeuge.

### **Zusammenfassung und Diskussion der Dokumentenanalyse**

Die fehlende verbindliche Verankerung der Informatik in den allgemeinbildenden Schulen hat zur Folge, dass in den Berufskollegs in NRW i. d. R. nur rudimentäre Grundkenntnisse der Informatik vorausgesetzt werden können und diese, soweit Bedarf besteht, in die Ausbildung integriert werden müssten.

Auch in den untersuchten Rahmenlehr- und Ausbildungsrahmenplänen finden sich keine umfassenderen Themengebiete zur Informatik, wie bspw. Automaten, Algorithmen und Datenstrukturen oder Datenmodellierung und Datenbanksysteme. Der Lehrplan der Elektroniker:in für Betriebstechnik sieht zumindest noch Themenkomplexe zur Informationstechnik vor. Es ist davon auszugehen, dass dadurch zumindest ein rudimentäres Verständnis der Inhalte des anderen Fachgebietes und somit der fachliche Austausch und die Kooperation mit Fachinformatiker:innen gegeben ist. In den Lehrplänen der metalltechnischen Berufe sind nur im geringen Umfang IT-Themen identifizierbar.

Auch in die Novellierung der Ausbildungspläne mit der neu eingefügten Berufsbildposition 5, die in allen überarbeiteten Ausbildungsplänen identisch ist, wurden keine informatischen Inhalte aufgenommen. Die u. a. vom Stifterverband geforderten informatischen Kompetenzen fanden hier offensichtlich keine Berücksichtigung. Dies führte zu den Fragen, inwieweit informatische Kenntnisse oder Kompetenzen für eine professionelle Handlungskompetenz im gewerblich-technischen Bereich aktuell als notwendig erachtet werden und wie der zukünftige Bedarf von den Verantwortlichen in den Industriebetrieben gesehen wird. In diesem Zusammenhang sollte auch eruiert werden, ob es mittelfristige Aus- und Weiterbildungsstrategien in den Betrieben gibt.

## Qualitative Erhebung im Rahmen der Vorstudie

Die Teilnehmer wurden zunächst um eine Einschätzung der Relevanz von informatischen Kenntnissen auf die geforderte bzw. zukünftige Handlungskompetenz von Fachkräften im gewerblich-technischen Bereich gebeten. Es wurde des Weiteren gefragt, welche Kenntnisse und Fertigkeiten aus dem Bereich der Informatik bereits heute und/oder in absehbarer Zeit im Arbeitsprozess benötigt würden oder als vorteilhaft anzusehen seien. In diesem Zusammenhang wurde nachgefragt, inwieweit die Lehrstellenbewerber:innen bereits entsprechende Kenntnisse und Fertigkeiten mitbringen bzw. diese mitbringen sollten und ob entsprechende Aus- und Weiterbildungsstrategien in den Betrieben vorgesehen sind.

Bei dieser ersten Erhebung wurde bewusst auf die Definition des Begriffes Informatik vor den Interviews verzichtet. Zum einen sollte ermittelt werden, welches Verständnis von Informatik bei den Befragten vorherrscht und zum anderen sollte der narrative Charakter der Vorstudie nicht durch vorgegebene Definitionen oder Themenschwerpunkte beeinflusst werden.

Es kann vorweggenommen werden, dass – von den Informatikern abgesehen – die Interviewten nicht zwischen den Begriffen Digitalisierung und Informatik oder Informationstechnik differenzierten; unter dem Begriff Informatik wurden vielfach Themen subsumiert, die ihr eigentlich nicht zugeordnet sind. Bei der Auswertung der Daten kristallisierten sich folglich vier Kategorien heraus, die im eigentlichen Sinne nicht der Informatik zuzuordnen sind: Medienkompetenz, IT-Grundkenntnisse, Verstehen von (digitalisierten) Geschäfts- und Arbeitsprozessen sowie generelle Fertigkeiten (Schlüsselqualifikationen).

### Medienkompetenz

Eine Medienkompetenz wurde für zukünftige Fachkräfte vor allem in Bezug auf den sicheren Umgang bzw. die Anwendung digitaler Werkzeuge oder Instrumente als notwendig erachtet. Die Verwendung von Computern, Tablets oder Smartphones zur Informationsgewinnung und Kommunikation wird i. d. R. vorausgesetzt. Es wurde angemerkt, dass viele Jugendliche bereits eine spezielle und individuelle Form der Medienkompetenz mitbringen. Ob dies auf Schulbildung, persönliches Interesse oder im Alter begründet ist, ist für die Befragten zunächst sekundär. Spezifische Kenntnisse, die im Arbeitsprozess innerhalb der verschiedenen Abteilungen erforderlich sind, wie beispielsweise zu „PDM- oder CAD-Systemen, MS-Office, zur Maschinenprogrammierung oder in Spezialsystem für Zoll- und Außenwirtschaft“ werden, sofern sie nicht bereits in regulären Curricula verankert sind, in speziellen Schulungen in der Ausbildungswerkstatt oder durch Wahrnehmung externer Weiterbildungsangebote erlangt. Ziel des Betriebes sei eine effiziente Handhabung der eingesetzten, betriebsspezifischen Systeme seitens der Mitarbeiter:innen. „Generell haben wir den Anspruch, dass Mitarbeiter der jeweiligen Bereiche die im Einsatz befindlichen Systeme sicher und effizient bedienen können. Tendenziell müssen wir 80 % der Systemleistungen/Systemfunktionen abrufen und für uns nutzbar ma-

chen, d. h. wir haben tendenziell eine hohe und tiefgehende Systemnutzung“ (Executive Director). Dies bedeute i. d. R. ein *training on the job* direkt an den betriebsspezifischen Systemen. Viele dieser Schulungen sind heutzutage bereits Bestandteil der Produktpakete, die von den Systemanbietern offeriert werden.

### **IT-Grundkenntnisse**

Die Anforderungen in Bezug auf die IT-Grundkenntnisse wurden vor allem von den interviewten Prozessverantwortlichen und Informatikern formuliert. Eingefordert werden ein grundsätzliches Verständnis in Bezug auf die Geschäfts- und Arbeitsprozesse sowie die diesbezüglich eingesetzten Systeme und die entsprechende Datenlogistik. Sie sollten ein rudimentäres Verständnis von Netzwerken und dem Verhalten von Komponenten im Netzwerken haben. Auch Grundkenntnisse zur Funktionsweise von integrierten digitalen Instrumenten im Produktionsprozess wurden als vorteilhaft erachtet. Die Informatiker messen darüber hinaus Programmierkenntnissen und Kenntnissen zu Datenbanken bzw. dem Systemhintergrund sowie zu neuronalen Netzen (KI) zukünftig einen steigenden Wert bei. Dieser Ansicht liegt die Annahme zugrunde, dass ein grundsätzliches Verständnis von der Funktion der angewendeten Technologie zu einer effizienten Gestaltung eines Prozesses führt. Des Weiteren sahen die interviewten Informatiker ein rudimentäres Verständnis zu informatischen Themen als förderlich für die domänenübergreifende Kommunikation im Rahmen von Projekten an.

### **Geschäfts- und Arbeitsprozesse**

Im Zusammenhang mit der Digitalisierung und der damit einhergehenden Vernetzung der Produktionsprozesse wird es nach Aussage der Befragten zusehends wichtiger, dass die Fachkräfte die Produktionsabläufe, Entscheidungsstrukturen und die damit verbundenen Datenströme und -logistik verstehen. Der Executive Director beschrieb es wie folgt: „Es genügt zukünftig nicht, nur die Systeme sicher und zuverlässig bedienen zu können. Vielmehr müssten wir ein System- und Datenverständnis entwickeln. D. h. die Mitarbeiter müssen wissen, verstehen und weiterentwickeln, wie Daten durch die Systeme laufen (Datenlogistik). Dies ist notwendig, um in der Komplexität keine Fehler zu machen.“ Andere Gesprächspartner sehen dies durchaus differenziert. Die Kompetenz einer Fachkraft wird in Bezug auf ihre Handlungsfähigkeit im Arbeitsprozess gesehen – „ein Zerspaner muss Späne machen – eine durchblickende, mitdenkende Fachkraft zu haben ist schön, aber nicht unbedingt an jeder Stelle nötig“. „Schlüsselqualifikationen“ wie beispielsweise „mitdenken, Überblick haben oder gestalten können“ werden nur von einem Teil der Mitarbeiter eingefordert. Diese werden laut Aussage i. d. R. auch entsprechend gefördert und es wird ihnen eine betriebsinterne Aufstiegschance eröffnet.

### **Generelle Fertigkeiten**

Konsens scheint zu sein, dass die Digitalisierung neben der Vernetzung v. a. durch Big Data, sprich die Generierung von sehr großen Datenmengen, gekennzeichnet

sein wird. Davon ausgehend nehmen die Befragten an, dass die Analyse und Bewertung von Daten sowie die Einschätzung von Ergebnissen zu den zentralen Fertigkeiten des zukünftigen Facharbeiters gehören werden. Es wurden jedoch keine konkreten Szenarien in Bezug auf die betriebsspezifische Facharbeit erläutert.

## Zusammenfassung und Diskussion der Interviews

Die Auszubildenden bringen nach Aussage der Befragten i. d. R. bereits Grundkenntnisse in der Medien- und Softwarenutzung sowie vereinzelt auch in der Programmierung mit. Die sich abzeichnenden Kenntnislücken werden in der Ausbildung geschlossen. Nach Aussage des Produktionsleiters sind auch keine weiteren Kenntnisse zur Informatik nötig. Dementsprechend gibt es auch keine spezifische Aus- oder Weiterbildungsstrategie. Geschult wird bei Bedarf und „on the job“. Es konnte im Rahmen der Vorstudie nicht festgestellt werden, ob die informatischen Kenntnisse bzw. Medienkompetenz der Auszubildenden im Rahmen von formellen Lehrangeboten erworben wurden oder auf einer intrinsischen Motivation basieren. Für die Studie, gerade in Bezug auf die Frage, ob die informatische Bildung Teil der Allgemeinbildung sein sollte, ist dies ein Aspekt, der bei der Entwicklung des Forschungsdesigns berücksichtigt werden muss.

Es zeichnet sich ab, dass das Nutzungsprinzip vorherrscht. Kenntnisse und Fertigkeiten zum Themengebiet sind nur insofern von Bedeutung, wenn sie zu einer effizienten Nutzung der Entwicklungs-, Steuerungs- und Produktionssysteme beitragen oder das Prozessverständnis fördern. Dies deckt sich mit den Aussagen der Informatiker. Diese bestätigen, dass zur Ausübung der in die Studie mit einbezogenen Berufe Kenntnisse zur Informatik im Moment und auf absehbare Zeit für die berufliche Handlungsfähigkeit nicht erforderlich seien. Gleichzeitig plädieren sie jedoch für eine solide Basis in Bezug auf Programmierfertigkeiten und Kenntnisse von Datenbanken sowie KI bzw. neuronalen Netzen. Die geforderten grundsätzlichen Qualifikationen bezogen sich jedoch nicht auf die Fertigkeit, solche Systeme zu entwickeln oder anzuwenden – dafür werden auch weiterhin Fachinformatiker herangezogen –, sondern auf ein Verständnis der Möglichkeiten und Grenzen der Systeme, um somit u. a. eine latente Angst der Beschäftigten vor Arbeitsplatzverlust durch beispielsweise den Einsatz von KI zu mindern. Implizit spiegelt sich in diesen Anschauungen die bildungspolitische Diskussion wider.

## Diskussionsergebnisse der BAG-Fachtagung

Im Arbeitskreis *Informatik verändert die gewerblich-technische Berufsbildung*, der im Rahmen der BAG-Fachtagung der Siegener Hochschultage für Berufliche Bildung 2019 stattfand, wurden die Ergebnisse der Vorstudie sowie die vorläufig daraus generierten Thesen zur Diskussion gestellt. Auch in dieser Diskussion spiegelte sich das in-



differentes Bild mit seiner Diskrepanz zwischen den Bedarfen der Industrie, den Prognosen und dem Bildungsanspruch wider. Es zeigte sich ein ähnliches Bild wie in der Vorstudie. Informatiker erachten Grundkenntnisse in der Informatik als substanzielle Voraussetzung für die Bewältigung der Anforderungen der künftig zunehmend digitalisierten Lebens- und Arbeitswelt und unterstreichen in diesem Zusammenhang auch den Bildungsanspruch. Verantwortliche in Industrie und Wirtschaft ohne unmittelbaren Arbeitsbezug zur Informatik beobachten die Entwicklung zwar sorgfältig, erkennen jedoch – ebenso wie viele Lehrkräfte – noch keinen dringenden Handlungsbedarf, sieht man von geringfügigen Veränderungen in den betriebsspezifischen Ausbildungsplänen ab.

## Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der Vorstudie lassen den einstweiligen Schluss zu, dass Kenntnisse zu den Themen bzw. Themengebieten der Informatik bei einem Großteil der Gesellschaft kaum präsent sind. Es erfolgt i. d. R. keine Differenzierung zwischen Digitalisierung, Informatik und Informationstechnik oder Automationstechnik. Die Frage zu den (zukünftig) erforderlichen informatischen Qualifikationen von Fachkräften in der Industrie wurde von dem nicht repräsentativen Personenkreis wahrscheinlich auch deshalb nicht im Sinn der Frage beantwortet. In der Befragung werden ausschließlich Qualifikationsanforderungen in Bezug auf die berufliche Handlungsfähigkeit im Rahmen einer vorweggedachten Digitalisierung der Geschäfts- und Arbeitsprozesse formuliert. Wenn auch die Digitalisierung maßgebend durch die Technologieentwicklung und die Innovationen der Informatik determiniert ist, so scheinen die Fachkräfte in den (Produktions-)Prozessen hauptsächlich als „User“ involviert zu werden. Dahingegen sehen die Informatiker unter der befragten Personengruppe aus ihrer Perspektive durchaus Bedarf an informatischen Themen; gleichzeitig räumten sie ein, dass sie selten in die Produktionsprozesse involviert sind und somit auch kaum abschätzen können, welche Informatikkenntnisse für eine reflektierte Handlungsfähigkeit relevant sind.

Diese Ergebnisse korrespondieren mit den Resultaten aus der Dokumentenanalyse. Auch hier sind – bis auf wenige Ausnahmen bei den Elektroniker:innen für Betriebstechnik – keine bzw. wenige informatorische Bildungsinhalte explizit in den Lehrplänen oder Lehrbüchern ausgewiesen. Selbst die Novellierung der Lehrpläne bezieht sich ausschließlich auf eine Qualifizierung in Bezug auf eine berufliche Handlungsfähigkeit vor allem in Hinsicht auf die Handhabung von *Digitale Devices* in einer digitalisierten Produktion.

Aktuell führt die technologische Entwicklung zu dem Paradoxon, dass die stellenweise unter dem Stichwort Industrie 4.0 zusammengefasste Digitalisierung zwar technologiegetrieben und damit abhängig von Entwicklungen bzw. Innovationen der Informatik ist, gleichzeitig aber informatische Kenntnisse mittelfristig keine wesent-

liche Rolle im Berufsprofil der Industrieberufe zu spielen scheinen (vgl. bayme vdm 2016).

Die fächerübergreifende Forschungsgruppe möchte mit der geplanten qualitativen Studie zur Klärung einiger vordringlicher Fragen beitragen, die hier einführend formuliert wurden. Eine qualitative Studie auf Basis von Interviews wurde nach der Vorstudie als nicht weiter zielführend erachtet, daher wird eine landesweite bzw. deutschlandweite Online-Befragung angestrebt. Zur Eruiierung möglicher zukünftig geforderter informatischer Qualifikationen werden Forschungshypothesen formuliert. Die Hypothesen werden an den Themengebieten der Informatik angelehnt und somit die Struktur und Clusterung der Items bedingen. Durch den standardisierten Fragebogen soll die Fokussierung auf informatorische Qualifikationen gewährleistet werden. Die Zielpopulation und Stichprobenart müssen noch definiert werden. Hier zeigte die Vorstudie, dass der Personenkreis mit Kenntnissen über Produktionsprozesse und die sich daraus ergebenden Anforderungen an eine berufliche Handlungskompetenz schwer auszumachen ist.

Ob oder inwieweit die Informatik Teil einer allgemeinen oder beruflichen Bildung sein sollte, wird, solange keine empirisch fundierten Erkenntnisse vorliegen, weiterhin eine grundsätzliche bildungspolitische Frage sein. Auch wenn kurzfristig für gewerblich-technische Industrieberufe viele aktuelle Themen zur Digitalisierung noch nicht relevant scheinen, so wird es unter dem Aspekt des Bildungsauftrages, der in der Präambel der Rahmenlehrpläne formuliert ist und der eine Befähigung zur „Mitgestaltung der Arbeitswelt und Gesellschaft in sozialer und ökologischer Verantwortung“ vorsieht, sicher auch weiterhin Anlass für eine kontroverse Diskussion geben.

## Literatur

- Bayme vdm (2016). Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie. bayme vbm Studie. Universität Bremen. Online: [https://www.baymevbm.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2016/Downloads/bayme\\_vbm\\_Studie\\_Industrie-4-0.pdf](https://www.baymevbm.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2016/Downloads/bayme_vbm_Studie_Industrie-4-0.pdf) (Stand 18.11.2019).
- BIBB (2018). Datenreport zum Berufsbildungsbericht. Online: [https://datenreport.bibb.de/html/1266.htm#tab\\_a5\\_5\\_1-1](https://datenreport.bibb.de/html/1266.htm#tab_a5_5_1-1) (Stand 18.11.2019).
- Bundesgesetzblatt (2018e). Bekanntmachung der Neufassung der Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Elektroberufen vom 28. Juni 2018. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2018 Teil I Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 5. Juli 2018.
- Bundesgesetzblatt (2018 m). Bekanntmachung der Neufassung der Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Metallberufen vom 28. Juni 2018. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2018 Teil I Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 5. Juli 2018.

- GI (2008): Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule. Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I. Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V. erarbeitet vom Arbeitskreis „Bildungsstandards“. Berlin: Log-In-Verl. (Log in, Nr. 150/151, Beil).
- MKR NRW (2018). Medienkompetenzrahmen NRW. Online: [https://www.schulministerium.nrw.de/docs/bp/Ministerium/Schulverwaltung/Schulmail/Archiv-2018/180626/Kontext/2018\\_Medienkompetenzrahmen\\_NRW.pdf](https://www.schulministerium.nrw.de/docs/bp/Ministerium/Schulverwaltung/Schulmail/Archiv-2018/180626/Kontext/2018_Medienkompetenzrahmen_NRW.pdf) (Stand 18.11.2019).
- MSB NRW (2018). Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. Kernlehrplan Informatik. Online: [https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehr-plaene/upload/klp\\_SII/if/KLP\\_GOSt\\_Informatik.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehr-plaene/upload/klp_SII/if/KLP_GOSt_Informatik.pdf) (Stand 18.11.2019).
- Rahmenlehrplan (2018e). Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Betriebstechnik/Elektronikerin für Betriebstechnik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.05.2003 i. d. F. vom 23.02.2018).
- Rahmenlehrplan (2018 m). Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Industriemechaniker/Industriemechanikerin (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 25.03.2004 i. d. F. vom 23.02.2018)
- Statista (2018). Anzahl der Neuverträge zur Ausbildung im Elektro- und Metallgewerbe nach Schulabschluss in den Jahren von 2015 bis 2017. Online <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/75333/umfrage/neuvertraege-zur-ausbildung-im-elektro-und-metallgewerbe/> (Stand 18.11.2019).

## Autorin



Dr. Tamara Riehle, Juniorprofessorin Universität Siegen,  
Didaktik der Technik an Berufskollegs,  
[tamara.riehle@uni-siegen.de](mailto:tamara.riehle@uni-siegen.de)



# Netzwerktechnik in nicht IT-spezifischen Bildungsgängen

## *Potenziale des Cisco-Lernangebots „Networking Essential“ in der Mechatroniker-Weiterbildung an Fachschulen für Technik*

MAIK JEPSEN

### **Abstract**

Informations- und Kommunikationstechnologien durchdringen kontinuierlich immer mehr Berufe und Wirtschaftszweige. Insbesondere finden IT-Vernetzungstechnologien kontinuierlichen Einzug in viele Bereiche, wie z. B. Produktion, Automatisierung und Logistik. Dies führt zu neuen Anforderungen in der Arbeit von Berufsinhaber:innen auch außerhalb der IT-Kernberufe, die über eine reine Anwendung von Informations- und Telekommunikationstechnologien hinausgehen. Folglich erfordern die veränderten Kompetenzerwartungen geeignete Lernarrangements in den Aus- und Weiterbildungsprogrammen, die inhaltlich und methodisch auf die jeweilige Berufsgruppe abzustimmen sind.

Im Bereich der IT-Aus- und Weiterbildung bietet die Cisco Networking Academy seit vielen Jahren diverse Lernangebote, die insbesondere durch berufliche Schulen wahrgenommen werden. In dem Beitrag wird der Frage nachgegangen, inwieweit das Cisco-Lernangebot „Networking Essential“ geeignet ist, um IT-Netzwerk-kompetenzen außerhalb einschlägiger IT-Qualifikationen weiter zu entwickeln. Exemplarisch werden hierzu staatlich geprüfte Mechatronik-Techniker:innen an Fachschulen betrachtet. Neben der curricularen Analyse werden erste Erfahrungen aus der unterrichtlichen Umsetzung präsentiert.

Information and communication technologies are continuously penetrating more and more occupations and economic sectors. In particular, IT networking technologies are continuously finding their way into many areas, such as production, automation and logistics. This leads to new demands in the work of professional owners also outside the IT core occupations, which go beyond a pure application of information and communication technologies. Consequently, the changed competence expectations require suitable learning arrangements in the initial and continuing training programs, which must be adapted to the respective occupational group in terms of content and method.

For many years now, the Cisco Networking Academy has offered a variety of learning opportunities in the field of IT training and continuing education, which are particularly popular within vocational schools. This article examines the question of the extent to which the Cisco “Networking Essential” learning offer is suitable for

further developing IT network skills outside relevant IT qualifications. State-certified mechatronic technicians at technical colleges will be examined as examples. In addition to the curricular analysis, first experiences from the teaching implementation will be presented.

## **Die Bedeutung von Netzwerktechnologien in sämtlichen Geschäftsbereichen**

Die Zunahme der Digitalisierung in sämtlichen Lebens- und Arbeitsbereichen wird maßgeblich durch Vernetzung von Geräten bestimmt. Der ursprünglich aus dem industriellen Umfeld stammende Begriff der „Machine-to-Machine (M2M)-Kommunikation“ steht für den automatisierten Informationsaustausch zwischen technischen Einrichtungen, wie Maschinen, Fahrzeugen oder Messwerken untereinander ohne menschlichen Einfluss. Nun stellen immer mehr Objekte eine Netzwerkschnittstelle zur Verfügung und können dadurch kommunizieren. Diese zunehmende Durchdringung vernetzter Sensoren und Aktoren in Verbindung mit dem Internet charakterisiert das „Internet of Things“ (IoT) (vgl. OECD 2018, S. 10). Dadurch lassen sich vielfältige Daten erheben und an zentrale oder auch dezentrale Controller senden (Edge Computing). Darüber hinaus werden Datenbanken aus verschiedensten Quellen über Netzwerke gespeist. Ihre Aufbereitung und Analyse (Big-Data-Analytics) zielt u. a. darauf ab, bestehende Prozesse zu optimieren, weiter zu verbinden und zu automatisieren, um insgesamt effizienter und kostengünstiger zu operieren. Der Begriff „Industrie 4.0“, die vierte industrielle Revolution, prägt übergeordnet diese Entwicklung. IP-basierte lokale und globale Kommunikationsinfrastrukturen bilden hierbei das Rückgrat für den Datenaustausch, der über verschiedenste Medien erfolgen kann (vgl. Plattform Industrie 4.0 2016, S. 4f.). Insbesondere drahtlose Netzwerktechnologien (WLAN, Bluetooth, LTE) und die Weiterentwicklung des Mobilfunkstandards 5G gewinnen hierbei an Bedeutung. Durch sie lassen sich schnell und kostengünstig Infrastrukturen aufbauen und nahezu unbegrenzt verschiedenste Endgeräte einbinden. Insgesamt bilden Netzwerktechnologien die Basis dieser digitalen Transformation.

## **Wie viel Netzwerkkompetenz braucht der Mensch bzw. die „Nicht-IT-Fachkraft“?**

Kompetenzen aus dem Bereich der Netzwerktechnologien fallen gewöhnlich in die Domäne der IT-Fachkräfte. Im Zuge der Einführung und Anwendung von Industrie 4.0 beurteilen KMU-Vertreter fehlende Fachkräfte bzw. mangelnde Netzwerkkompetenzen auch außerhalb einschlägiger IT-Berufe als Hemmnis für die Umsetzung:

„Wir brauchen dringend interdisziplinäre Fachkräfte, die sich mit der IT-Infrastruktur und Datenhaltung und -verarbeitung auskennen und gleichzeitig den Produktionsprozess verstehen.“ (acatech 2019, S. 18)

Aufgrund der zunehmenden Durchdringung dieser Technologien in sämtlichen Wirtschaftsbereichen beurteilt der Netzwerktechnologie-Ausrüster Cisco Systems diesen Bedarf noch globaler:

“No matter you want to be a Network Engineer or not, everybody need to have a foundational understanding of networking and its important role in our daily lives and the success of businesses of all sizes.” (Cisco 2017a)

Dies wirft die Frage auf, was unter diesem grundsätzlichen Netzwerkverständnis verstanden wird, welche inhaltliche Ausdehnung, Tiefe und insbesondere welche Abgrenzung zu den Anforderungen von einschlägigen IT-Fachkräften bestehen. Im Rahmen der beruflichen Aus- und Weiterbildung existieren diesbezüglich kaum oder nur wenige Informationen. Es ist unklar, welche Inhalte, Methoden und Medien sich für den Kompetenzerwerb dieser Zielgruppe eignen.

In diesem Beitrag wird hierzu exemplarisch ein Fachschulweiterbildungsangebot zur staatlich geprüften Technikerin bzw. zum staatlich geprüften Techniker der Fachrichtung Mechatronik<sup>1</sup> in dem Schwerpunkt Betriebstechnik betrachtet, dessen Umsetzung an der Flensburger Fachschule für Technik und Gestaltung in dualer Form erfolgt. Ein besonderes Merkmal der dreijährigen Weiterbildung bilden betriebliche Projektarbeiten sowie schulisch betreutes webunterstütztes Lernen.

Die insgesamt 2.400 Stunden umfassende Weiterbildung gliedert sich in (vgl. FSTuG 2017, S. 7):

- Präsenzunterricht: 1.200 h,
- betriebliche Projektarbeiten: 800 h,
- webunterstütztes Lernen: 400 h.

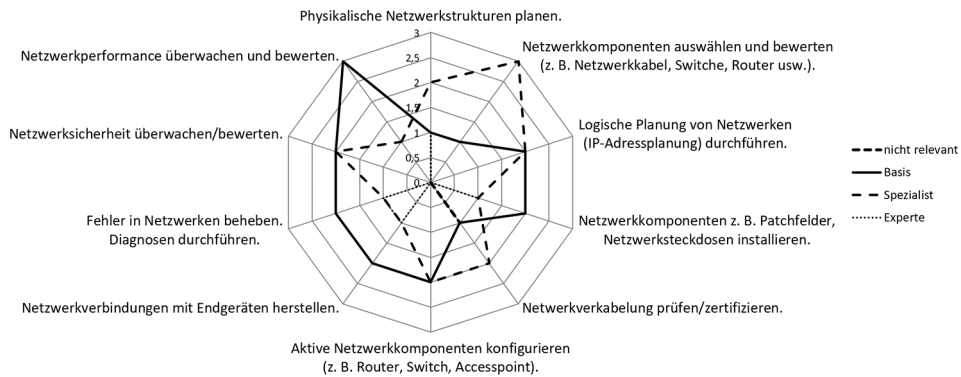
### **Arbeitsaufgaben von Mechatronik-Techniker:innen im Bereich der Netzwerktechnologien**

Im Vorfeld der Unterrichtsreihe erfolgte eine Umfrage in der Lerngruppe über Anforderungen aus dem Erfahrungsbereich ihrer Arbeit hinsichtlich Netzwerktechnologien.

Die qualitative Einschätzung der Lerngruppe zeigt, dass nahezu in allen IT-Kernprozessen (Planung, Installation, Betrieb und Wartung) mindestens Basisanforderungen bestehen (Abb. 1).

---

<sup>1</sup> Es sei angemerkt, dass Mechatronik für ein interdisziplinäres Zusammenwirken von Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik steht (vgl. VDI 2004, S. 2). Von daher besteht bei dieser Berufsgruppe eine besondere Nähe zur Informationstechnik, obgleich sie nicht zu den IT-Fachkräften gezählt wird.



**Abbildung 1:** Anforderungen in betrieblichen Aufgabenfeldern der Netzwerktechnik, Einschätzung der Lernenden (n = 4)

Bezüglich der Auswahl und Bewertung von Netzwerkkomponenten (u. a. Kabel, Switch, Router) bestehen dagegen höhere Anforderungen. Bei den Themen IP-Adressplanung, Konfiguration aktiver Komponenten sowie Netzwerksicherheit werden zur Hälfte jeweils Basis- und Spezialisten-Anforderungen erwartet. Die Zertifizierung und Prüfung bestehender Verkabelungen wird von einer Person als nicht relevant eingeschätzt. Die Rückmeldungen der Lernenden ergaben, dass insbesondere die Betriebsgröße sowie unterschiedliche Organisationsstrukturen die heterogenen Anforderungen begründen. Während in einigen Betrieben Mechatroniker:innen intensiv mit IT-Fachkräften zusammenarbeiten, fällt in anderen Betrieben z. B. die gesamte Einführung vernetzter Maschinen in ihren alleinigen Verantwortungsbereich. Diese Aufgabenbereiche lassen sich insbesondere in den curricularen Vorgaben des Lernfelds 7 „Komplexe Betriebsprozesse automatisieren, optimieren und vernetzen“ der Fachschulweiterbildung verorten (vgl. MBWK 2017, S. 27).

### Das Lernangebot „Networking Essential“ der Cisco Networking Academy<sup>2</sup>

Der unterrichtliche Einstieg in dieses Themenfeld erfolgt mithilfe des Kurses „Networking Essential“, ein Angebot des Cisco Networking Academy-Programms. Die Teilnahme an diesem als Grundlagenkurs spezifizierten Lernangebot erfordert keine besonderen Voraussetzungen bzw. Kenntnisse aus der Netzwerktechnologie. Das übergeordnete Ziel des mit einer durchschnittlichen Bearbeitungszeit von 70 Stunden angegebenen Kurses besteht darin, grundlegende Kenntnisse über Netzwerkkonzepte sowie Fertigkeiten in diesem Fachgebiet zu erlernen. Der Kurs gliedert sich in neun Kapitel, wobei die innere Struktur verschiedenen Mustern folgt (Abb. 2).

<sup>2</sup> Das weltweite Networking Academy-Programm der Firma Cisco stellt Lernmaterialien zu Computernetzen zur Verfügung, die in einem „Blended-Learning-Konzept“ zusammen mit Partnereinrichtungen (in Deutschland insbesondere berufliche Schulen) verwendet werden (vgl. <https://www.netacad.com/>).



## Course Outline

Chapter	Title	
1	Ever Wonder How it Works?	Motivation
2	Networks in Our Daily Lives	
3	Communicating on a Local Network	Grundlagen, dem Schichtenmodell folgend
4	Network Addressing	
5	Providing Network Services	
6	Building a Home Network	ganzheitliche Lernsituation
7	Network Security	
8	Configuring Cisco Devices	weitere Aspekte
9	Testing and Troubleshooting	

**Abbildung 2:** Inhaltsübersicht des Kurses „Networking Essential“

Das erste Kapitel dient hauptsächlich zur Motivation und Einführung in die grundsätzliche Netzwerkproblematik. Handlungsleitend ist dabei der Zugang zum Internet, wie er sich im Alltag für jedermann darstellt. Von dieser Situation ausgehend, werden in den Kapiteln zwei bis fünf die theoretischen Hintergründe thematisiert. Dies erfolgt in einer fachsystematischen Struktur, die den Schichten des OSI-Referenzmodells<sup>3</sup> von der Verkabelung und Medien über Kommunikationsprinzipien, Ethernet, Adressierung und Routing bis zu Anwendungen folgt. Das sechste Kapitel „Building a Home Network“ führt die Grundlagen in einer ganzheitlichen Aufgabe zusammen. Im Zentrum stehen hierbei Wireless-LAN-Technologien, die in Heimnetzwerken häufig Anwendung finden. Das Kapitel beinhaltet den gesamten Prozess, der zur Erstellung eines Heimnetzwerkes notwendig ist. Insofern geht es u. a. um Konfigurationsaufgaben, Sicherheitsaspekte sowie die Anbindung an einen öffentlichen Netzbetreiber. Die letzten drei Kapitel thematisieren weitere, in Bezug zur Netzwerktechnik bedeutende Aspekte. Im siebten Kapitel wird das Thema Netzwerksicherheit vertieft. Neben der Sensibilisierung für Gefahren im Netzwerk, Angriffsmethoden und Schutzmechanismen werden Konfigurationsmöglichkeiten der persönlichen Firewall des Arbeitsplatzrechners erlernt.

Abbildung 3 zeigt einen Ausschnitt aus der zugehörigen Laborübung. In dieser geht es darum, einfache Ping-Anfragen zwischen zwei Rechnern mithilfe einer zu erstellenden Firewall-Regel zuzulassen, ohne dass für den PC das Risiko weiterer Angriffsmöglichkeiten besteht.

<sup>3</sup> Das OSI-Referenzmodell (englisch Open Systems Interconnection – Reference Model) ist ein von der International Telecommunication Union (ITU) sowie der International Organization for Standardization (ISO) veröffentlichter Standard. Dieser dient als Basis für die Kommunikation unterschiedlichster technischer Systeme, an der sich insbesondere Netzwerkprotokolle orientieren. Das Modell ist in sieben Schichten aufgebaut, in denen die Kommunikationsabläufe aufgeteilt werden (vgl. ITU-T 1994).

## Übung – Konfiguration der Firewall-Einstellungen

### Schritt 2: Erstellen einer neuen eingehenden Regel, die ICMP-Datenverkehr über die Firewall zulässt

- Konfigurieren Sie die Firewall-Einstellungen auf PC-A. Klicken Sie dazu auf **Start**, und geben Sie **Firewall** ein. Wählen Sie in der Ergebnisliste **Windows-Firewall** aus.
- Klicken Sie im linken Bereich des Fensters „Windows-Firewall“ auf **Erweiterte Einstellungen**.



- Wählen Sie im Fenster „Windows-Firewall mit erweiterter Sicherheit“ die Option **Eingehende Regeln** in der linken Seitenleiste aus und klicken Sie in der rechten Seitenleiste auf **Neue Regel...**

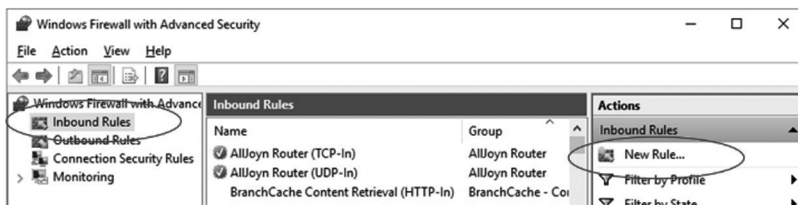


Abbildung 3: Auszug der Laborübung zur Konfiguration von Firewall-Einstellungen

Das achte Kapitel eröffnet den Lernenden einen weiteren Zugang zu Konfigurationsaufgaben von Netzwerkgeräten. In Ergänzung zum Browser-basierten Konfigurationszugang werden die Router und Switches über die Kommandozeile parametrisiert. Dieser Perspektivwechsel ermöglicht es, professionelle Methoden im Umgang mit Netzwerkgeräten zu erfahren. Zudem spiegelt diese Vertiefung den spiralcurricularen Ansatz wider, dem die gesamte Lerneinheit folgt.

Die Ziele eines jeden Kapitels sind in Form von „Learning Outcomes“ konkretisiert. Abbildung 4 stellt die Lernergebnisse des abschließenden neunten Kapitels „Testing and Troubleshooting“ exemplarisch dar.

<b>Chapter 9. Testing and Troubleshooting</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Troubleshoot common network issues found in home and small business networks.</li> <li>• Explain the steps to take when a new configuration does not work as expected.</li> <li>• Troubleshoot network problems with common network utilities.</li> <li>• Troubleshoot a network connectivity problem.</li> <li>• Explain how to work with customer support.</li> </ul>
---	--

Abbildung 4: Lernergebnisse des Kapitels „Testing and Troubleshooting“

Neben der Aneignung von Hintergrundwissen zu Fehlersuchstrategien dient dieses Kapitel der Erweiterung der Problemlösekompetenz. Mithilfe von allgemein zugänglichen Diagnosewerkzeugen werden Netzwerkverbindungsprobleme analysiert und behoben. Die Einheit „Explain to work with customer support“ sensibilisiert darüber hinaus zur effektiven Zusammenarbeit mit internen oder externen Supportstrukturen.

## Methodische Vielfalt und benötigte Ausstattung

Eine E-Learning-Plattform bildet die Basis für alle im Rahmen der Cisco Networking Academy zur Verfügung gestellten Lernangebote. Darin werden Kursinhalte in Form von beschreibenden Texten, Abbildungen, Animationen und Videosequenzen dargestellt. Die Navigation ist übersichtlich und ermöglicht verschiedene Ansichten sowie schnelles Auffinden von Inhalten über verschiedene Indexe. 21 Laborübungen, 17 Packet-Tracer-Simulationen sowie 13 interaktive Übungen sind in die einzelnen Kapitel integriert und ermöglichen unterschiedliche Lernzugänge. Für die Laborübungen werden folgende Geräte benötigt (vgl. Cisco 2017b):

- 2 PCs mit Windows 10 Betriebssystem,
- WLAN-Netzwerkkarte,
- 1 Cisco Router,
- 1 Cisco Switch,
- 1 WLAN-Router,
- Smartphone oder Tablet,
- RJ-45 Stecker, Crimpool, Werkzeuge,
- Ethernetkabel.

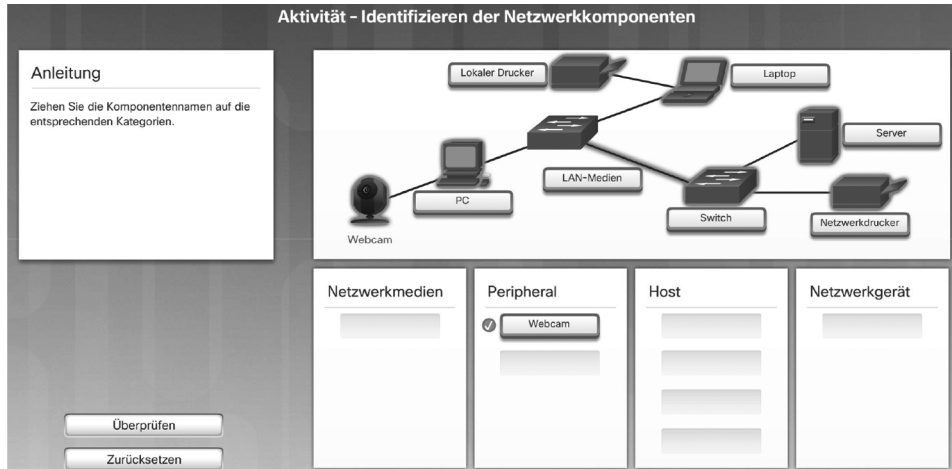
Die Lernplattform basiert auf dem kommerziellen Produkt „Canvas“ (<https://www.instructure.com/>) und bietet weitere Nutzungsmöglichkeiten. So können z. B. die verschiedenen Inhalte durch die Lehrenden neu angeordnet, reduziert oder auch durch eigene Elemente erweitert werden. In der vorgegebenen Form ist jedes Kapitel handlungsorientiert strukturiert, d. h. sämtliche Kapitel beinhalten auf die Theorien abzielende praktische Übungen.

### Blended Learning strukturiert den Lernprozess

Die online zur Verfügung stehenden Lernmaterialien ermöglichen, einen Blended-Learning-Prozess zu praktizieren. In Anlehnung an die interne Kapitelstruktur lassen sich individuelle Selbstlernphasen sowie Präsenzunterricht abwechselnd gestalten. Die online verfügbaren Medien beinhalten u.a. interaktive Bücher mit Hypertext-verlinkten Texten auch zu externen Quellen sowie Videos. Interaktive Aktivitäten können zusätzlich die individuelle Vor- und Nachbereitung unterstützen.

Durch Ziehen der Komponentennamen werden – wie im Beispiel (Abb. 5) dargestellt – Kategorien zugeordnet und die Ergebnisse unmittelbar überprüft. Die

Übung kann beliebig oft wiederholt werden. Der Präsenzunterricht dient dazu, theoretische Aspekte zu vertiefen und aufkommende Fragen zu klären. Darüber hinaus lassen sich in den Laborübungen die theoretischen Aspekte verarbeiten.



**Abbildung 5:** Interaktive Aktivität zur Identifizierung von Netzwerkkomponenten

### Leistungsbewertung/Feedback

Das Cisco-Lernangebot bietet unterschiedliche Elemente, um die individuellen Lernprozesse zu unterstützen. Die Lernplattform stellt hierzu u. a. Online-Tests und -Quizze für die einzelnen Kapitel bereit. Diese lassen sich sowohl in Form einer Prüfung oder als wiederholbare Übung konfigurieren und durch eigene Elemente ergänzen bzw. verändern. Übersichten zu Begriffen und Konzepten können für Sortieraufgaben genutzt werden, um u. a. die Meta-Kognition zu verbessern (vgl. Hattie & Beywl 2014, S. 223 ff.). Neben diesen formativen Elementen sind eine Online-Abschlussprüfung sowie eine praktische Prüfung zur summativen Leistungsbewertung vorgesehen. Auch hier bietet die Lernplattform Möglichkeiten, eigene Prüfungen zu gestalten bzw. vorhandene anzupassen.

### Durchführung der Lerneinheit im Rahmen der Fachschulweiterbildung

Ogleich die Inhalte des Networking Essential-Kurses keine Beispiele aus der industriellen Umgebung aufzeigen, besteht aus Sicht der Lernenden eine hohe Motivation, das Cisco-Kursangebot durchzuführen. Hierzu trägt gewiss das positive Image der Cisco-Zertifizierung bei, die im Rahmen dieser Lerneinheit erlangt werden kann. Zusätzlich ist das Thema positiv besetzt, da sich die Teilnehmer:innen auch im privaten Umfeld mit Vernetzungsaufgaben identifizieren und insbesondere an Problemlösungen interessiert sind. Aus der folgenden Rückmeldung einer Teilnehmerin im Nachgang der Lerneinheit wird diesbezüglich der Kompetenzzuwachs deutlich:

„Wir hatten vor Kurzem ein Problem mit einem Streaming-Anbieter, welcher nur die ‚Native IPv6‘ unterstützt, allerdings war unser Router eingestellt auf eine ‚IPv6 mit Tunnel Protokoll‘. Ich konnte meinem Mann erklären, was es mit der IPv6 auf sich hat und wir haben den Router gemeinsam auf die ‚Native IPv6‘ umgestellt. Es ist nichts Großes, aber das Erste, wo ich unseren Unterricht nicht missen wollte, da ich es verstanden habe, warum es so ist.“ (Teilnehmerin)

Das vorgesehene webunterstützte Lernen im Rahmen der Mechatroniker-Weiterbildung an der Flensburger Fachschule kann durch den hier vorgestellten Blended-Learning-Ansatz sinnvoll ausgestaltet werden. Die im Internet zur Verfügung gestellte Lernplattform ermöglicht insbesondere für die Teilzeit-Lerngruppe den orts- und zeitunabhängigen Zugriff.

Kritisch erwiesen sich allerdings die Selbstlernphasen, die einerseits zu kurz ausfielen und andererseits nicht von allen Lernenden wahrgenommen wurden. Dies schmälerte insbesondere die Lernzuwächse bei Laborübungen, die teils unreflektiert durchgeführt wurden. Hier bedarf es zum einen einer zeitlichen Entzerrung zwischen den Präsenzveranstaltungen. Zum anderen wird deutlich, dass Selbstlernfähigkeiten und Eigenverantwortung im Blended-Learning-Konzept eine besondere Herausforderung darstellen. Ebenfalls ungünstig erwies sich der Durchführungszeitraum im letzten Schuljahr der dreijährigen Fortbildung. Die Teilnehmer:innen meldeten zurück, dass die Inhalte ebenso für andere Bereiche wie z. B. die Automatisierungstechnik relevant wären.

In einer gesamtunterrichtlichen Planung wäre es daher sinnvoller, mit dieser Einheit bereits zu Beginn der Weiterbildung zu starten. Dies eröffnet darüber hinaus die Möglichkeit, Vernetzungsaufgaben im industriellen Kontext in weiteren Projekten zu vertiefen. Positiv erweist sich der handlungsorientierte Ansatz, dem das Lernmaterial insgesamt folgt. Sämtliche Kapitel enthalten praktische Übungen, von denen eine hohe Schüleraktivität ausgeht. Vom Anspruchsniveau sowie den Vorerfahrungen eignet sich der „Networking Essential“-Kurs uneingeschränkt für die Lerngruppe.

## Fazit

Die zunehmende Verbreitung von Netzwerktechnologien führt für Berufsinhaber:innen jenseits einschlägiger IT-Fachkräfte zu neuen Anforderungen. Deren Bereich ist weit gefächert und beinhaltet Planung, Installation und Betriebsführung von Netzwerken. Die exemplarische Befragung der Gruppe angehender Mechatronik-Techniker:innen ergab, dass diese zumindest über die entsprechenden Basiskompetenzen verfügen müssen. Diese Leistungsvoraussetzungen werden benötigt, um einerseits die Arbeit selbstständig zu bewältigen bzw. um effektiv mit einschlägigen IT-Fachkräften zusammenzuarbeiten.

Zur Beantwortung der Frage, was unter grundlegenden Netzwerkkompetenzen überhaupt verstanden wird und welche Lerninhalte sich zu deren Erwerb eignen, wurde der Cisco-Kurs „Networking Essential“ analysiert. Im Ergebnis zeigt sich, dass

die in dem Kurs definierten Kompetenzziele einen breiten Einstieg in das Themenfeld geben. Gleichzeitig tragen sie dazu bei, die Arbeit in vernetzten Industrieumgebungen zu bewältigen. Es ist dabei gelungen, aus dem weitreichenden Themenbereich zentrale, als dauerhaft zu bewertende Aspekte auszuwählen und als handlungsorientierte Lernaufgaben aufzubereiten.

Die Umsetzung in dem Blended-Learning-Konzept verdeutlicht, dass die Fähigkeit zum eigenverantwortlichen Lernen nicht vorausgesetzt werden kann. Hier bedarf es der kritischen Reflexion sowie Unterstützung der Lernenden, um ihr eigenes Lernverhalten weiterzuentwickeln.

Das hier dargestellte Lernangebot ermöglicht es, Kompetenzen im Bereich von Netzwerktechnologien zu erwerben. Diese bilden eine Voraussetzung für ein weiteres, immer häufiger diskutiertes Anwendungsfeld: Big-Data und Künstliche Intelligenz. Um mithilfe von Daten vielfältiger Quellen (Geräte, Sensoren usw.) Maschinen intelligenter zu machen, benötigen Fachkräfte weiterführende Kompetenzen aus den Bereichen der Generierung, Aufbereitung und Analyse von Daten.

## Literatur

- acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften) (Hg.) (2019). *Vorstudie zur Entwicklung einer bedarfs- und nutzergerechten Unterstützung von KMU bei der Einführung und Anwendung von Industrie 4.0*. Verfügbar unter [https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/KMU-Vorstudie.pdf?\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/KMU-Vorstudie.pdf?_blob=publicationFile&v=4) (Zugriff am: 05.08.2019).
- Cisco (2017a). *Networking Essentials Overview*. Cisco Networking Academy. Verfügbar unter <https://www.netacad.com/portal/resources/file/19618> (Zugriff am: 05.08.2019).
- Cisco (2017b). *Networking Essentials 1.0 Frequently Asked Questions*. Cisco Networking Academy. Verfügbar unter <https://www.netacad.com/portal/resources/file/19614> (Zugriff am: 05.08.2019).
- FSTuG (2017): Pädagogisches Teamkonzept (PTK) 2017–2019 für FR Mechatronik, SP Betriebstechnik, für Mech-17. Fachschule für Technik und Gestaltung. Flensburg.
- Hattie, J. & Beywl, W. (2014). *Lernen sichtbar machen*. Überarb. dt.-sprachige Ausg., 2., korrigierte Aufl./besorgt von Wolfgang Beywl und Klaus Zierer. Baltmannsweiler: Schneider-Verl.
- ITU-T (1994). X.200. *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The basic model*. International Telecommunication Union (ITU-T). Verfügbar unter [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-X.200-199407-I!!PDF-E&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-X.200-199407-I!!PDF-E&type=items) (Zugriff am 14.10.2019).
- MBWK (2017). *Lehrplan für die Fachschule (FS) Technik mit der Fachrichtung Mechatronik*. Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur des Landes Schleswig-Holstein. Verfügbar unter <https://lehrplan.lernnetz.de/index.php?wahl=46> (Zugriff am: 15.09.2019).

- OECD (2018). *IoT measurement and applications*. OECD. Paris (*OECD digital economy papers*, 271). Verfügbar unter <https://iotbusinessnews.com/download/white-papers/OECD-IoT-Measurement-Applications.pdf> (Zugriff am: 16.09.2019).
- Plattform Industrie 4.0 (2016). *Netzkommunikation für Industrie 4.0. Diskussionspapier*. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hg.). Berlin. Verfügbar unter [https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/netzkommunikation-i40.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=9](https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/netzkommunikation-i40.pdf?__blob=publicationFile&v=9) (Zugriff am: 16.09.2019).
- VDI (2004). *VDI 2206:2004–06. Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme*. Verfügbar unter [https://www.vdi.eu/uploads/tx\\_vdirili/pdf/9567281.pdf](https://www.vdi.eu/uploads/tx_vdirili/pdf/9567281.pdf) (Zugriff am: 16.09.2019).

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Anforderungen in betrieblichen Aufgabenfeldern der Netzwerktechnik, Einschätzung der Lernenden (n = 4) .....	210
Abb. 2	Inhaltsübersicht des Kurses „Networking Essential“ .....	211
Abb. 3	Auszug der Laborübung zur Konfiguration von Firewall-Einstellungen .....	212
Abb. 4	Lernergebnisse des Kapitels „Testing and Troubleshooting“ .....	212
Abb. 5	Interaktive Aktivität zur Identifizierung von Netzwerkkomponenten .....	214

## Autor



OStR Dipl. Berufspäd. Maik Jepsen, Fachschule für Technik und Gestaltung Flensburg, Schützenkuhle 20-24, 24937 Flensburg,  
[maik.jepsen@esfl.de](mailto:maik.jepsen@esfl.de)

# Die Zukunft der technischen Berufe sichern

Von der Berufsfindung bis zur Berufsschullehrerbildung

➔ [wbv.de/bai](http://wbv.de/bai)



Wie können Lehrkräfte die Berufsorientierung und -wahl in gewerblich-technischen Berufen strukturieren und begleiten? Darüber informieren die Beiträge des Tagungsbandes der Arbeitsgemeinschaft Gewerblich-Technische Wissenschaften und ihre Didaktiken (gtw).

Die Themen reichen von der Berufsorientierungsphase in allgemeinbildenden Schulen bis zu Entscheidung für ein technisches Berufsfeld. Ein weiterer Schwerpunkt ist die aktuelle Situation der Lehrerbildung für das Lehramt an beruflichen Schulen und Möglichkeiten der Lehrkräftegewinnung. Die Bestandsaufnahme internationaler Entwicklungen in der Konzeption der Berufsbildung runden den Band ab.

Frank Bünning, Martin Frenz,  
Klaus Jenewein, Lars Windelband (Hg.)

## Übergänge aus der Perspektive der Berufsbildung

**Akademisierung und Durchlässigkeit  
als Herausforderungen für gewerblich-  
technische Wissenschaften**

Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 54  
2019, 332 S., 34,90 € (D)  
ISBN 978-3-7639-6082-8  
Als E-Book bei [wbv.de](http://wbv.de)

wbv Media GmbH & Co. KG • Bielefeld

Geschäftsbereich wbv Publikation

Telefon 0521 91101-0 • E-Mail [service@wbv.de](mailto:service@wbv.de) • Website [wbv.de](http://wbv.de)





# Fachdidaktiken in den gewerblich-technischen Berufsfeldern

➤ [wbv.de/bai](http://wbv.de/bai)



In dem Tagungsband werden verschiedene Aspekte des digitalen Wandels in Verbindung mit den Herausforderungen für das Lehr- und Ausbildungspersonal beleuchtet. Ein Schwerpunkt liegt auf den Fachdidaktiken in den gewerblich-technischen Berufsfeldern. Neben konkreten Lösungsansätzen für die Gestaltung und Unterstützung von Lernprozessen, wie Planspiele oder technologiebasierte Lernsysteme, wird auch die Weiterbildung älterer Arbeitnehmer und Arbeitnehmerinnen als Teil der notwendigen Fachkräftesicherung thematisiert.

Matthias Becker, Martin Frenz,  
Klaus Jenewein, Michael Schenk (Hg.)

## **Digitalisierung und Fachkräftesicherung**

**Herausforderung für die gewerblich-technischen Wissenschaften  
und ihre Didaktiken**

Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 53  
2019, 428 S., 49,90 € (D)  
ISBN 978-3-7639-6059-0  
Als E-Book bei [wbv.de](http://wbv.de)

wbv Media GmbH & Co. KG • Bielefeld

Geschäftsbereich wbv Publikation

Telefon 0521 91101-0 • E-Mail [service@wbv.de](mailto:service@wbv.de) • Website [wbv.de](http://wbv.de)



# Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Durchlässigkeit

➔ [wbv.de/bai](http://wbv.de/bai)



Thomas Vollmer, Steffen Jaschke,  
Martin Hartmann, Bernd Mahrin,  
Uli Neustock (Hg.)

## Gewerblich-technische Berufsbildung und Digitalisierung

**Praxiszugänge – Unterricht und  
Beruflichkeit**

Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 51  
2019, 305 S., 47,90 € (D)  
ISBN 978-3-7639-6024-8  
Als E-Book bei [wbv.de](http://wbv.de)

Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Durchlässigkeit in den technischen Berufen stehen im Fokus des Tagungsbandes. Die Autorinnen und Autoren betonen die zentrale Rolle der Beschäftigten in technischen Berufen bei der Gestaltung der aktuellen Lebens- und Arbeitswelt, besonders mit Blick auf die zukünftigen technologischen Umwälzungen. Insbesondere die Aus- und Weiterbildung wird und muss sich deutlich verändern. Ausbildungsinhalte können immer seltener prozessorientiert vermittelt werden und der technologische Wandel erfordert eine kontinuierliche berufliche Weiterbildung für alle Beschäftigten.

Wie Aus- und Weiterbildung nachhaltig aufgebaut und organisiert werden kann, ist einer der Schwerpunkte des Sammelbandes. In diesem Abschnitt geht es um die Bildung des Lehrpersonals ebenso wie um die praxisorientierte Unterrichtsgestaltung.

Abschließend diskutieren die Autorinnen und Autoren die Durchlässigkeit im Berufsbildungssystem sowie Möglichkeiten, Lehrpersonal für die gewerblich-technischen Berufe zu gewinnen.

# Digitalisierung der Ausbildung

➔ [wbv.de/bai](http://wbv.de/bai)



Thomas Vollmer, Steffen Jaschke,  
Ralph Dreher (Hg.)

## **Aktuelle Aufgaben für die gewerblich-technische Berufsbildung**

**Digitalisierung, Fachkräftesicherung,  
Lern- und Ausbildungskonzepte**

Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 47  
2018, 312 S., 47,90 € (D), ISBN 978-3-7639-1197-4  
Als E-Book bei [wbv.de](http://wbv.de)

Der Sammelband fasst Beiträge aus Berufsbildungspraxis und -forschung zu den Metathemen Digitalisierung und Fachkräftesicherung zusammen. Aus unterschiedlichen Blickwinkeln gehen die Autor:innen auf Veränderungen in der Berufsbildung ein, stellen Konzepte zur Digitalisierung der Ausbildung in gewerblich-technischen Berufen vor und diskutieren die Kompetenzentwicklung für Lehrkräfte.

Der Band ist in drei Themenblöcke gegliedert. Zentrale Themen des ersten Blocks sind: die Rolle der Migrantinnen und Migranten bei der Lösung des Fachkräftemangels, Aufgaben für die Berufsbildung sowie erfolgreiche Modelle zur Integration von Migrant:innen an Berufsschulen. Der zweite Block stellt die Gestaltung beruflicher Lehr-Lernprozesse sowie die Implementierung von Medien in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen in den Mittelpunkt. Die Beiträge des dritten Themenblocks behandeln die Bildung von Lehrkräften in gewerblich-technischen Fachrichtungen, die Förderung der Professionalisierung sowie deren Kompetenzentwicklung im Kontext von Industrie 4.0.

Der Schwerpunkt des Sammelbandes liegt in der Bedeutung der Digitalisierung für die berufliche Aus- und Fortbildung der Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik.

Im ersten Teil geht es um die Gestaltung nachhaltiger Produktions-, Service- und Reparaturprozesse. Im zweiten Teil steht das „smarte Lernen“ im Fokus, d.h. das Gelingen der didaktischen Transformation und neue Unterrichtsmethoden für gewerblich-technische Schulen. Der dritte Teil beschäftigt sich mit der Informatik als Querschnittsdisziplin sämtlicher Bildungsprozesse.

Die Reihe **Berufsbildung, Arbeit und Innovation** bietet ein Forum für die grundlagen- und anwendungsorientierte Berufsbildungsforschung. Sie leistet einen Beitrag für den wissenschaftlichen Diskurs über Innovationspotenziale der beruflichen Bildung.

Die Reihe wird herausgegeben von Prof.in Marianne Frieze (Justus-Liebig-Universität Gießen), Prof. Klaus Jenewein (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg), Prof.in Susann Seeber (Georg-August-Universität Göttingen) und Prof. Georg Spöttl (Universität Bremen).

Die Herausgebenden des vorliegenden Bandes sind:

**Prof. Dr. Thomas Vollmer** war Professor an der Universität Hamburg und ist derzeit Vorsitzender der BAG ElektroMetall.

**Dr. Torben Karges** ist Gastprofessor am Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre der Technischen Universität Berlin.

**Dr. des. Tim Richter** ist Berufsschullehrer an der BBS Burgdorf in Burgdorf.

**Dr. Britta Schlömer** ist Berufsschullehrerin an den BBS Ammerland in Bad Zwischenahn.

**Dr. Sören Schütt-Sayed** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (IBW) der Universität Hamburg.



ISBN: 978-3-7639-5833-7